

Meeri Ikonen, Suvi Jurva & Valtteri Smeds

Toiminnallisen sähköstimulaation vaikutuksia aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden kävelyyn

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Toiminnallisen sähköstimulaation vaikutuksia aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden kävelyyn

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Meeri Ikonen, Suvi Jurva & Valtteri
Smeds
Opinnäytetyö
Syksy 2023
Fysioterapian tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Fysioterapian tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Meeri Ikonen, Suvi Jurva & Valtteri Smeds

Opinnäytetyön nimi: Toiminnallisen sähköstimulaation vaikutuksia aivoverenkiertohäiriön sairastuneiden kävelyyn

Työn ohjaaja(t): Eija Mämmelä, Marika Tuiskunen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Syksy 2023

Sivumäärä: 50

Suomessa aivoverenkiertohäiriöön sairastuu yhteensä 25 000 henkilöä vuosittain. Aivoverenkiertohäiriön aiheuttamat motoriset heikkoudet vaikeuttavat jokapäiväistä elämää, mikä vaikuttaa yksilön toimintakykyyn sekä elämänlaatuun. Yleisin ja merkittävin toimintakyvyn muutos aivoverenkiertohäiriön saaneilla on hemipareesi eli toispuolinen osittainen halvaus, joka esiintyy aivovaurion vastakkaisella puolella ylä- ja alaraajoissa.

FES-tekniikan käyttö on yleistynyt aivoverenkiertohäiriöön sairastuneiden kävelyn kuntoutuksessa. Sähköstimulaation avulla pyritään avustamaan nilkan dorsifleksiota kävelyn heilahdusvaiheessa. FES-tekniikkaa hyödyntävien laitteiden vaikutuksista hemipareettisten aikuisten kävelyyn on tehty useita kirjallisuuskatsauksia. Laitteilla on osoitettu olevan välitön ortoottinen vaikutus, kun sähköstimulaation aikaansaaman nilkan dorsifleksion myötä kävelyn biomekaniikka paranee.

Opinnäytetyömme toimeksiantajana toimii Fysioline Oy, joka on yksityisomisteinen hyvinvoinnin edelläkävijäyritys. Yritys on erikoistunut mm. kuntoutusvälineisiin ja –robotiikkaan. Opinnäytetyömme tarkoituksena on kuvailla tutkittua tietoa FES-tekniikan vaikutuksista aivoverenkiertohäiriökuntoutujien kävelyyn kirjallisuuskatsaukseen valittujen aiempien tutkimusten avulla. Toteutimme opinnäytetyömme kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Tietokannat, joita käytimme hakujen suorittamiseen, olivat PubMed, PEDro – Physiotherapy Evidence Database, Cinahl, sekä kotimaisista tietokannoista Finna sekä Medic. Katsauksemme valikoitui 11 tutkimusta. Aineiston analyysissä keskityimme vastaamaan seuraaviin kysymyksiin; Millaisia vaikutuksia FES-tekniikalla on aivoverenkiertohäiriökuntoutujien kävelymatkaan? Ja millaisia vaikutuksia FES-tekniikalla on aivoverenkiertohäiriökuntoutujien kävelyvauhtiin?

Tutkimuksissa FES-tekniikan käyttö oli yhdistetty sisällöltään ja pituudeltaan erilaisiin terapia-interventioihin, ja tutkimuksissa aika sairastetusta aivoverenkiertohäiriöstä vaihteli noin yhdestä kuukaudesta useampaan vuoteen. FES-tekniikalla vaikuttaisi olevan positiivista vaikutusta aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden kävelymatkaan ja –vauhtiin, varsinkin kun se on yhdistetty valvottuun ja strukturoituun terapia-interventioon.

Jatkotutkimusaiheeksi nousi FES-tekniikan vaikuttavuuden tutkiminen kussakin kuntoutumisen vaiheessa, sekä sen käyttöön liittyvien aikamääreiden ja interventioiden tutkiminen, kuten mikä määrä FES-tekniikan käyttöä on vaikuttavaa, tai minkä tyyppiseen interventioon yhdistettynä FES-tekniikka on kaikista vaikuttavinta.

Asiasanat: FES, aivoverenkiertohäiriö, kävely, fysioterapia

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Physiotherapy

Author(s): Meeri Ikonen, Suvi Jurva & Valtteri Smeds

Title of thesis: Impacts of FES technology on the walking ability of stroke rehabilitation patients

Supervisor(s): Eija Mämmelä, Marika Tuiskunen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2023

Number of pages: 50

In Finland, around 25,000 individuals experience a stroke annually. Stroke causes motor weakness, impairing an individual's ability to function and reducing their quality of life. The most common change in functional ability among stroke patients is hemiparesis, which is partial paralysis on one side of the body. This condition usually affects the side of the body opposite to the brain injury and impacts both the upper and lower extremities.

The use of Functional Electrical Stimulation (FES) technology is increasingly common in gait rehabilitation for stroke patients. Electrostimulation is utilized to aid in ankle dorsiflexion during the walking swing phase. Numerous literature reviews have examined the impact of FES devices on gait rehabilitation in adults with hemiparesis. The devices have been shown to immediately improve walking biomechanics by inducing ankle dorsiflexion through electrical stimulation, resulting in an orthotic effect.

Our thesis is commissioned by Fysioline Oy, a leading privately owned company in the field of well-being. The company specializes in rehabilitation equipment and robotics, among other areas. The purpose of our thesis is to present a narrative of the research findings on the impact of FES technology on the walking ability of stroke rehabilitation patients.

Our thesis was conducted as a narrative literature review. The databases used for the searches included PubMed, PEDro Physiotherapy Evidence Database, CINAHL, Finna, and Medic. Eleven studies were chosen for our review. In our material analysis, we focused on addressing the research questions in our study: What are the effects of FES technology on the walking distance and speed of stroke rehabilitation patients?

FES technology has shown to improve the walking speed and distance of stroke patients, especially when combined with supervised and structured therapy intervention. Further research is necessary to assess the efficacy of FES technology at different stages of rehabilitation. Furthermore, further research is needed to examine the efficacy of combined interventions and determine the optimal frequency of FES technology usage in gait rehabilitation.

Keywords: Functional Electrical Stimulation, post-stroke, gait, physiotherapy

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	AIVOVERENKIERTOHÄIRIÖT JA NIIDEN AIHEUTTAMAT TOIMINTAKYVYN MUUTOKSET	8
2.1	Aivoverenkiertohäiriöt	8
2.2	ICF toimintakyvyn kuvaajana	9
2.3	Kävelyn toimintahäiriöt aivoverenkiertohäiriön jälkeen	10
3	AIVOVERENKIERTOHÄIRIÖN JÄLKEINEN KUNTOUTUS JA FYSIOTERAPIA	12
3.1	Fysioterapia osana aivoverenkiertohäiriöiden kuntoutusta	13
3.2	Aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksen keinoja	14
3.3	Fysioterapian keinoja kävelyn kuntoutuksessa	15
3.4	Toiminnallinen sähköstimulaatio (FES)	17
4	KIRJALLISUUSKATSAUS	19
5	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	20
6	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTTAMINEN	22
7	TULOKSET	27
7.1	Kävelymatkaa mitanneet tutkimukset (6 minuutin kävelytesti)	30
7.2	Kävelyvauhtia mitanneet tutkimukset (10 metrin kävelytesti)	33
7.3	Tulosten tarkastelua	36
8	POHDINTA	38
8.1	Tutkimusartikkelien ja tulosten pohdintaa	38
8.2	Laadun ja eettisyyden pohdintaa	39
8.3	Opinnäytetyöprosessin pohdintaa	39
	LÄHTEET	42

1 JOHDANTO

Sairauksia, joissa aivojen verenkierto häiriintyy, kutsutaan yhteisnimityksellä aivoverenkiertohäiriöt. Aivoverenkiertohäiriöillä tarkoitetaan aivoinfarktia, aivoverenvuotoa ja ohimenevää aivoverenkiertohäiriötä (TIA). (Aivoinfarkti ja TIA: Käypä Hoito –suositus 2020.) Suomessa aivoverenkiertohäiriöön sairastuu vuosittain 25 000 henkilöä (Aivoliitto 2023a). Aivoverenkiertohäiriön aiheuttamat motoriset heikkoudet vaikeuttavat jokapäiväistä elämää, mikä vaikuttaa yksilön toimintakykyyn sekä elämänlaatuun. Yleisin ja merkittävin toimintakyvyn muutos aivoverenkiertohäiriön saaneilla on hemipareesi eli toispuoleinen osittainen halvaus, joka esiintyy aivovaurion vastakkaisella puolella ylä- ja alaraajoissa. (Shariffar ym. 2018, 339; Wist ym. 2016, 114.)

Opinnäytetyömme on kuvaileva kirjallisuuskatsaus (narrative literature review), jossa pyrimme narratiivisen katsaustyyppin mukaisesti kuvailemaan ja kertomaan viimeaikaisista FES-teknologian käyttöön liittyvistä tutkimuksista. Opinnäytetyömme toimeksiantajana toimii Fysioline Oy, joka on yksityisomisteinen hyvinvoinnin edelläkävijäyrittäjä. Yritys on erikoistunut mm. kuntoutusvälineisiin ja –robotiikkaan. Opinnäytetyömme tarkoituksena on kuvailla tutkittua tietoa FES-teknologian vaikutuksista aivoverenkiertohäiriökuntoutujien kävelyyn kirjallisuuskatsaukseen valittujen aiempien tutkimusten avulla.

Kävelykyvyn palautuminen on yksi merkittävimmistä huolenaiheista aivoverenkiertohäiriön sairastaneilla (Kesar ym. 2010, 56), jolloin se voidaan nähdä merkittävänä tekijänä yksilöiden kokemaan elämänlaatuun. Yli 20 % aivoverenkiertohäiriön saaneista ei kykene kävelemään ilman avustusta sairastumisen jälkeen (Schröder ym. 2019, 78). Aivoverenkiertohäiriön muuttamaan toimintakykyyn pyritään vaikuttamaan fysioterapian keinoin. Fysioterapialla voidaan lisätä omatoimisuutta kävelyyn, pukeutumiseen, syömiseen ja peseytymiseen liittyvissä toiminnoissa. (Busk ym. 2020.) Kävelyn kuntoutukseen on ajan saatossa kehitetty erilaisia menetelmiä, ja niiden rinnalle on viime vuosina noussut useita erilaisia teknologiaa hyödyntäviä kuntoutusmuotoja.

Toiminnallista sähköstimulaatiota käytetään usein kävelyn ja foot dropin kuntoutuskeinona (Kang ym 2021, 2). Sähköstimulaatio aktivoi sensomotorista järjestelmää sähköimpulsseilla, jotka johdetaan ihon läpi kohdelihakseen tai -hermoon. On esitetty, että perifeerisen sensomotorisen

järjestelmän sähköstimulaatio edesauttaa tahdonalaisen liikkeen palautumista sekä surkastuneiden lihasten vahvistamista, sekä lisää liikelajuutta ja vähentää spastisuutta.

Kirjallisuuskatsauksen tulokset viittaavat siihen, että FES-tekniikalla on positiivisia vaikutuksia aivoverenkiertohäiriökuntoutujien kävelyvauhtiin sekä -matkaan.

2 AIVOVERENKIERTOHÄIRIÖT JA NIIDEN AIHEUTTAMAT TOIMINTAKYVYN MUUTOKSET

2.1 Aivoverenkiertohäiriöt

Sairauksia, joissa aivojen verenkierto häiriintyy, kutsutaan yhteisnimityksellä aivoverenkiertohäiriöt. Aivoverenkiertohäiriöillä tarkoitetaan aivoinfarktia, aivoverenvuotoa ja ohimenevää aivoverenkiertohäiriötä (TIA). Suomessa aivoverenkiertohäiriön sairastaa yhteensä 25 000 henkilöä vuosittain (Aivoliitto 2023a). Syitä verenkierron häiriintymiselle voi olla aivojen alueella verihyytymän aiheuttama suonitukos tai verenvuoto, mitkä johtavat hapenpuutteeseen aivokudoksessa. Aivoverenkiertohäiriöiden yleisimpiä oireita ovat mm. toispuoleinen raajahalvaus, suupielen roikkuminen ja puheentuoton vaikeutuminen. (Aivoinfarkti ja TIA: Käypä Hoito –suositus 2020; Sjögren ym. 2022, 15.)

Arvion mukaan noin puolelle aivoverenkiertohäiriön jälkeen elossa olevista jää jokin pysyvä toimintakyvyn haitta, millä on vaikutuksia yksilön elämänlaatuun. Kuitenkin 50–70 % sairastuneista toipuu niin, että selviytyy itsenäisesti päivittäisistä toimistaan (Sjögren ym. 2022, 15), kuten pukeutumisesta ja syömisestä.

Aivoverenkiertohäiriöitä eritellään niiden syntymekanismien sekä vuodon tai tukoksen keston perusteella. Vaurion vaikeusaste on merkittävin kuntoutumista ennustava tekijä. (Kauranen 2021, 378–381; Sjögren ym. 2022.) Esimerkiksi aivoinfarktissa puutteellinen verenvirtaus aivovaltimon tukkiutuessa aiheuttaa pysyviä vaurioita aivokudokseen. TIA-kohtaus on ohimenevä aivojen verenkiertohäiriö, eikä oirekuva ole pysyvä, koska aivojen verenkierto pystyy korjaamaan vielä syntyneet vauriot. TIA-kohtauksen saaneilla on kuitenkin kasvanut riski saada aivoinfarkti, vaikka oireet ovat ohimeneviä. (Aivoinfarkti ja TIA: Käypä Hoito –suositus 2020.)

Oirekuvastoon vaikuttaa vaurion vaikeusasteen lisäksi sen sijainti aivoissa, koska aivopuoliskoilla on eri tehtäviä. Tarkkaavaisuudessa ja näönvaraisessa hahmottamisessa ilmenee vaikeuksia, kun vaurio on oikean aivopuoliskon alueella. Tämän aivopuoliskon vauriossa esiintyy tyypillisesti Neglect -oireyhtymää, jolloin kehon sekä ympäristön hahmottaminen heikentyy vasemmalla eli halvaantuneella puolella. (Sjögren ym. 2022, 15.) Vasemman puolen aivovauriossa esiintyy mm.

puheen, kirjottamisen ja ymmärtämisen vaikeutta sekä tahdonalaisten liiketoimintojen häiriöitä (Aivoliitto 2023b). Aivoverenkiertohäiriön aiheuttamat motoriset heikkoudet vaikeuttavat jokapäiväistä elämää, mikä vaikuttaa yksilön toimintakykyyn sekä elämänlaatuun. Yleisin ja merkittävin toimintakyvyn muutos aivoverenkiertohäiriön saaneilla on hemipareesi eli toispuoleinen osittainen halvaus, joka esiintyy aivovaurion vastakkaisella puolella ylä- ja alaraajoissa. (Sharififar ym. 2018, 339; Wist ym. 2016, 114.)

2.2 ICF toimintakyvyn kuvaajana

Aivoverenkiertohäiriöön sairastuneen toimintakykyä voidaan kuvata ICF-luokituksen avulla, jolloin tarkastellaan yksilön suoriutumista jokapäiväisen elämän toiminnoista, osallistumista yhteisön elämään sekä näihin osa-alueisiin vaikuttavaa terveydentilaa. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2022.) ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health) eli kansainvälinen toimintakyvyn, toimintarajoitteiden ja terveyden luokitus kuvaa toimintakykyä biopsykososiaalisesta kokonaisvaltaisesta näkökulmasta. ICF- luokitus on Maailman terveysjärjestön (WHO) vuonna 2001 hyväksymä luokitus, joka keskittyy toimintakyvyn sekä toimintarajoitteiden kuvaamiseen, huomioiden terveydentilan, yksilön ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksia. ICF- luokitusta suositellaan käytettävän rinnakkain Kansainvälisen tautiluokituksen (ICD-10) kanssa, jolloin etiologista viitekehystä voidaan täydentää toimintakyvyn lisätiedoilla ja kuvaamisella. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2013, 3–4; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2023.)

ICF- luokitus jakautuu kahteen osaan, joita ovat toimintakykyä ja toimintarajoitteita kuvaava osa sekä kontekstuaalisia tekijöitä kuvaava osa. Kontekstuaalisia tekijöitä kuvaava osa käsittää ympäristötekijät, kuten ihmisen elinympäristön, sekä yksilötekijät, kuten ikä, sukupuoli ja koulutus. Toimintakykyä ja toimintarajoitteita kuvaava osa sisältää kehon/ ruumiin toiminnot ja rakenteet sekä suoritukset ja osallistumisen. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2023) ICF:n mukaan toimintakyky ja toimintarajoitteet ovat moniulotteinen, vuorovaikutuksellinen ja dynaaminen tila, joka koostuu terveydentilan sekä yksilön ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta, jota havainnollistamme kuvassa 1. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2023). Esimerkiksi aivoverenkiertohäiriöön (terveydentila) sairastuneella ilmenee usein lihasheikkouksia alaraajassa (kehon/ruumiin rakenne ja toiminto), mikä vaikeuttaa kävelyä (suoritus), mikä puolestaan vaikuttaa osallistumiseen elämän toimintoihin (osallistuminen).



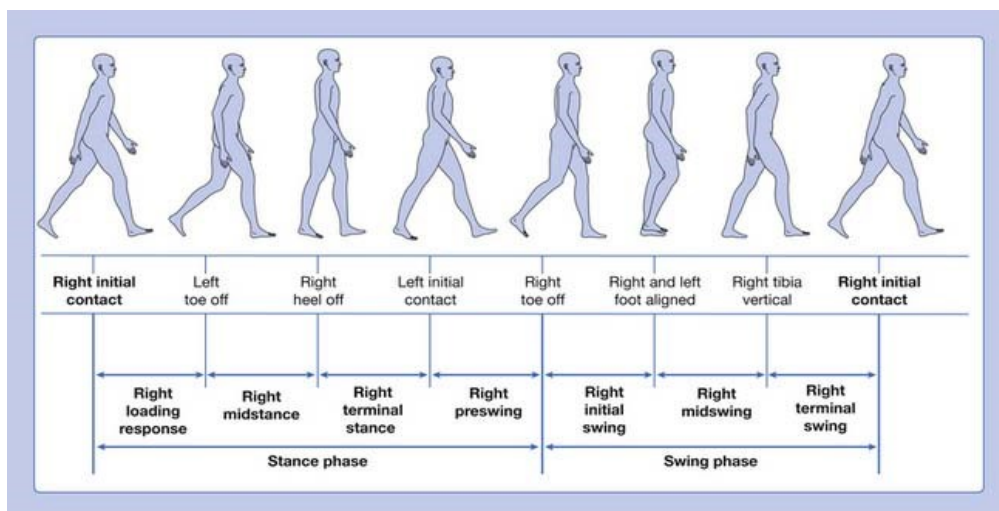
Kuva 1. ICF-luokituksen osa-alueet ja niiden vuorovaikutteisuus (Suomen fysioterapeutit 2019)

ICF-luokituksen käytön helpottamiseksi on luotu erilaisia ydinlistoja, joihin on valittu toimintakykyä kuvaavia kohteita soveltuen tiettyyn terveydentilaan tai tilanteeseen. Ydinlistoista on olemassa kahta erilaista versiota: laajoja ja lyhyitä. Yleisesti lyhyitä ICF-ydinlistoja voidaan käyttää asiakkaan toimintakyvyn kuvaamiseen missä tahansa sosiaali- tai terveydenhuollon tilanteessa. Laajoja ydinlistoja taas käytetään, kun asiakkaan toimintakyvystä tarvitaan tarkka moniammatillinen kuvaus. (Hiekkala ym. 2019.) Aivoverenkiertohäiriön lyhyessä ICF-ydinlistassa fyysisen toimintakyvyn kuvauskohteina on mm. käveleminen sekä lihasvoiman ja tehontuotto- ja toiminnat. ICF-ydinlistat sekä ohjeet niiden käyttämiseen löytyvät Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen verkkosivuilta (Ks. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, ICF-ydinlistat ja tarkistuslista 2023).

2.3 Kävelyn toimintahäiriöt aivoverenkiertohäiriön jälkeen

Yli 20 % aivoverenkiertohäiriön sairastaneista ei kykene kävelemään ilman avustusta sairastumisen jälkeen (Schröder ym. 2019, 78). Aivoverenkiertohäiriön sairastaneista 70 % itsenäiseen kävelyyn kykenevistä kohtaa haasteita julkisilla paikoilla liikkuesssa, kuten epätasaisella alustalla kävellessä, portaita käyttäessä sekä suojatietä ylittäessä. (Beyaert ym. 2015, 341; D'souza ym. 2020, 3). Kävelykyvyn palautuminen on yksi merkittävimmistä huolenaiheista aivoverenkiertohäiriön sairastaneilla (Kesar ym. 2010, 56), jolloin se voidaan nähdä merkittävänä tekijänä yksilöiden kokemaan elämänlaatuun.

Terveellä ihmisellä kävely tapahtuu automaationa ja kävelysykliä ohjaa lihasten oikeanlainen aktivoitumisjärjestys. Tätä ilmiötä säätelee monimutkainen hermojärjestelmän mekanismi. Yksi kävelysykli koostuu kahdesta askeleesta eli yhdestä askelparista. Kävelyn sykli jaetaan karkeasti tuki- ja heilahdusvaiheeseen, jotka jaetaan edelleen pienempiin osavaiheisiin. Tukivaiheen osuus on noin 60 % ja heilahdusvaiheen noin 40 % koko kävelyn syklistä. Heilahdus- ja tukivaiheen ohella kävelyssä esiintyy myös ns. kaksoistukivaihe, jolloin molemmat jalat ovat yhtäaikaaisesti kontaktissa alustaan. Kaksoistukivaiheen osuus on noin 20–25 % kävelyn syklistä. Kävelyvauhdin kasvaessa kaksoistukivaiheen osuus pienenee. Tukivaiheeseen (stance phase) kuuluvat kantaisku-, keskituki-, kannankohotus- ja varvastyöntövaihe. Heilahdusvaihe (swing phase) voidaan jakaa alku-, keski- ja loppuheilahdusvaiheisiin. (Kauranen 2021, 365–366; Sandström & Ahonen 2011, 297.) Kuva 2 havainnollistaa kävelyn vaiheita.



Kuva 2. Kävelyn vaiheet (Esquenazi & Talaty 2015.)

Aivoverenkiertohäiriön saaneilla motorinen aivokuori vaurioituu, aiheuttaen lihasheikkoutta, spastisuutta ja epänormaalia synergistien lihasaktivaatiota, mikä ilmenee erilaisina kävelyn mekaanisina haasteina ja siten kävelyn toimintahäiriönä. (Li ym. 2018, 1.) Hidastunut kävelyvauhti, seisomasapasainon heikentyminen ja lihasheikkous ovat yleisiä muutoksia kävelyssä aivoverenkiertohäiriön jälkeen (Beyaert ym. 2015, 340–341).

Useilla aivoverenkiertohäiriön saaneilla kävelyn tukivaihe on lyhentynyt ja heilahdusvaihe pidentynyt kehon halvaantuneella puolella. Halvaantuneen puolen lihasheikkouden taso määrittää pitkälle kävelyn toimintahäiriön vakavuutta mutta siihen vaikuttaa myös spastisuuden taso sekä

kävelyn kompensatiomekanismit. Motoristen heikkouksien vuoksi kävelysyklin liikemallit yksinkertaistuvat, mikä hidastaa kävelyvauhtia ja lisää kävelyn epäsymmetriaa. (Li ym. 2018, 3.)

“Foot drop” on yleinen aivoverenkiertohäiriöstä johtuva vamma, joka johtuu motorisesta häiriöstä, nilkan dorsifleksoreiden heikkoudesta tai tahdonalaisen liikkeen puutteesta sekä usein myös plantaarifleksoreiden spastisuudesta. Nilkan dorsifleksion heikkous tai puuttuminen vaikeuttaa alaraajan irrottamista alustasta heilahdusvaiheessa sekä painonsiirtoa ja tukivaihetta vammautuneella puolella. (Da Cunha ym. 2021, 1.) Puutteellista alaraajan irtoamista alustasta kompensoidaan alaraajan heilauttamisella sivukautta lantiota kohottaen (Kesar ym. 2010, 56). Puutteellisesta dorsifleksioista heilahdusvaiheessa seuraa jalkaterän läpsähtäminen alustaan (Kauranen 2021, 374). Perinteisesti foot dropin eli riippunilkan hoidossa käytetään nilkka-jalkateräortoosia (ankle-foot orthosis, AFO), joka rajoittaa nilkan liikkeen passiivisesti neutraaliin nolla-asentoon (Everaert ym. 2013).

Aivoverenkiertohäiriöön sairastuneilla esiintyy usein kävelyn tukivaiheessa polven ylijännusta. Polven ylijännusta voidaan selittää lihasheikkoudella, spastisuudella, nilkan huonolla liikkuvuudella sekä keinona hallita epästabiliia alaraajaa tukivaiheen aikana. Polven ylijännus voi aiheuttaa epämuodostumaa sekä kipua polveen. (Cooper ym. 2011, 151; Geerars, Minnaar-van der Feen & Huissteede 2022, 137.) Kävelykykyyn vaikuttavat fyysiset toimintakyvyn muutokset, kuten foot drop ja polven ylijännus heikentävät kestävyyttä ja lisäävät energiankulutusta kävelyn aikana sekä kaatumisten esiintyvyyttä (Kesar ym. 2010, 56; Geerars ym. 2022, 138).

Kävelyn objektiiviseen arviointiin ja analyysiin käytetään spatiotemporaalisia parametrejä. Spatiotemporaaliset parametrit ovat yleisiä mitattavissa olevia parametrejä. Askelpituus, askelsyklin pituus, askeltiheys, askelleveys, vauhti, tuki- ja heilahdusvaiheen kesto ovat yleisiä kävelyanalyysissä käytettyjä parametrejä. (Sethi, Bharti & Prakash 2022.) Kävelyvauhdin ja -matkan osalta käytetyissä mittareissa toistuu kirjallisuudessa usein 6 minuutin kävelytesti, sekä 10 metrin kävelytesti (Wist, Clivaz & Sattelmayer 2016, 115).

3 AIVOVERENKIERTOHÄIRIÖN JÄLKEINEN KUNTOUTUS JA FYSIOTERAPIA

3.1 Fysioterapia osana aivoverenkiertohäiriöiden kuntoutusta

Kuntoutus on ratkaisevassa roolissa potilaiden itsenäistymisessä, ja se vaikuttaa heidän selviytymiseensä aivoverenkiertohäiriön jälkeen (Busk ym. 2020). Hebertin ym. (2015) mukaan potilaiden tulisi harjoitella tavalla, joka on mielekästä, mukaansatempaavaa, progressiivista, intensiivistä, tehtäväkeskeistä ja tavoitteellista. Fysioterapialla voidaan lisätä omatoimisuutta kävelyyn, pukeutumiseen, syömiseen ja peseytymiseen liittyvissä toiminnoissa. Buskin ym. (2020) mukaan, huolimatta intensiivisestä varhaisvaiheen kuntoutuksesta, toimintakyvyn palautuminen vaikean hemiparesin omaavilla potilailla on heikkoa.

Aivoverenkiertohäiriön muuttamaan toimintakyvyn pyritään vaikuttamaan fysioterapian keinoin. Fysioterapian erityisosaamisalueita ovat liikkuminen, toimintakyky ja terveyden edistäminen. Fysioterapian keskeisiä menetelmiä ovat ohjaus ja neuvonta, terapeuttinen harjoittelu, apuvälinepalvelut sekä manuaalinen terapia. Fysioterapeutti toteuttaa näyttöön perustuvaa ja asiakaslähtöistä fysioterapiaa, jolla pyritään parantamaan, edistämään ja ylläpitämään liikkumista, liikettä, terveyttä sekä toimintakykyä. (Korpi 2022.)

Aivoverenkiertohäiriökuntoutus jaetaan varhais- ja myöhäisvaiheen kuntoutukseen. Varhaisvaihe sisältää akuutin ja subakuutin vaiheen. Akuutissa vaiheessa kuntoutujan tila ei ole vakiintunut. (Aivoinfarkti ja TIA: Käypä hoito –suositus 2020.) Akuuttivaiheen fysioterapia sisältää toimintakyvyn arviointia, mobilisointia, asentohoitoa sekä kuntoutujan ja omaisten neuvontaa. (Aivoinfarkti ja TIA: Käypä hoito –suositus 2020.) Aivoverenkiertohäiriöön sairastuneen henkilön toimintakyvyn arvioinnista on tehty kaksi kansainvälistä suositusta, jotka ovat WHO:n julkaisemat ICF-luokitukseen pohjaavat ydinlistat sekä ICHOM-standardi (International Consortium for Health Outcomes Measurement) (Hiekkala ym. 2019). Akuuttivaiheen kuntoutuksen tavoitteena on saada kuntoutuja mobilisoitua mahdollisimman nopeasti, sillä se vähentää keuhkoembolian, laskimotukosten, keuhkokuumeen ja painehaavojen riskiä. Harjoittelumuotoina toimii asennonmuutokset, siirtymiset, kävely- ja istumisharjoitteet sekä päivittäiset toimet kuten pukeutuminen ja syöminen. Kyseisiä mobilisoinnin keinoja käytetään myös toimintakyvyn arviointiin. (Aivoinfarkti ja TIA: Käypä hoito –suositus 2020.)

Subakuutissa vaiheessa kuntoutuminen on nopeinta ja se kestää yksilöllisistä tekijöistä ja vamman vaikeusasteesta riippuen noin 3–6 kuukautta. Kuntoutus tapahtuu yleensä moniammatillisessa kuntoutusyksikössä, missä kuntoutukseen osallistuu lääkäri, sairaanhoitaja, fysioterapeutti,

toimintaterapeutti, puheterapeutti, sosiaalityöntekijä, neuropsykologi, AVH-yhdyshenkilö ja myöhäisemmässä vaiheessa kuntoutusohjaaja. (Aivoinfarkti ja TIA: Käypä hoito –suositus 2020.) Subakuuttivaiheen eli intensiivisen kuntoutuksen vaiheessa alaraajan kuntoutusmuotoina on kävelyharjoitteet sekä muu kävelyä tukeva harjoittelu. Yläraajaharjoittelu on lähtökohtaisesti toimintaterapeutin ja fysioterapeutin vastuulla, mutta myös muut ammattilaiset tai läheiset voivat olla ohjaamassa harjoittelua. Harjoittelun tulee olla intensiivistä ja se kohdistetaan suoraan heikentyneisiin toimintoihin. (Kauranen 2021, 383; Aivoinfarkti ja TIA: Käypä hoito –suositus 2020.) Akuutin ja subakuutin kuntoutusvaiheen jälkeen toimintakykyä ylläpidetään ja edistetään omatoimisesti ryhmissä ja/tai harrastuksissa (Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus 163, 2022).

TOIMIA- tietokannassa on eritelty aivoverenkiertohäiriön jälkeen soveltuvia arviointimenetelmiä kuvaamaan toimintakyvyn eri osa-alueita. Aivoverenkiertohäiriön saaneilla toimintakyvyn arviointiin hyödynnetään mm. erilaisia kävelytestejä. 10 metrin sekä 6 minuutin kävelytestit sisältyvät suosituksessa liikkumisen ja sen edellytysten arviointimenetelmiin osana moniammatillista toimintakyvyn arviointia aivoverenkiertohäiriön jälkeen. Nämä arviointimenetelmät kuvaavat kävelyä ja ovat fysioterapeuttien käytössä. (Terveystieteiden tutkimuskeskus 2023; Hiekkala ym. 2019.) 10 metrin kävelytesti mittaa lyhyen matkan kävelykykyä. Siinä mitataan sekuntikellolla aika, jonka tutkittava käyttää 10 metrin kävelyyn. Kävelytesti soveltuu hyvin niille tutkittaville, jotka eivät tarvitse kävellessä ulkopuolisen henkilön avustusta. Tutkittavan tulee kyetä kävelemään sisätiloissa 14 metriä joko apuvälinein tai ilman sekä ymmärtämään ja noudattamaan sanallisia ohjeita. (Paltamaa 2022.) 6 minuutin kävelytesti mittaa submaksimaalista hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskykyä sekä liikkumiskykyä. Testin tavoitteena on kävellä niin pitkälle kuin mahdollista kuuden minuutin aikana ilman juoksuaskelia. Testattava saa käyttää kävelyn apuvälinettä, jos hän käyttää sitä normaalistikin liikkueessaan. Testi suositellaan tehtäväksi suoralla ja tasaisella 30 metrin kävelyradalla. (Peurala & Paltamaa 2022.)

3.2 Aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksen keinot

Aivoverenkiertohäiriöiden kuntoutukseen on vuosien saatossa kehitetty useita eri menetelmiä. Menetelmät voidaan jakaa karkeasti neurofysiologiaan ja oppimisteorioihin perustuviin menetelmiin. Neurofysiologiaan perustuvia menetelmiä ovat muun muassa Bobath, PNF ja Brunnström. (Todhunter-Brown 2014.) Nämä menetelmät luottavat neuroplastisuuden periaatteisiin, jossa vaurioituneen puolen motorinen palautuminen mahdollistuu yksilöllisen

harjoittelun kautta. Harjoittelussa keskitytään liikkeiden suoritustapaan, liikkeiden fasilitointiin terapeuttisen käsittelyn avulla, liikkumisen analysointiin ja ympäristön muokkaamiseen sekä tarkoituksenmukaiseen sanalliseen ohjaukseen. (Saikaley ym. 2022, 36.) Carrin ja Shepherdin menetelmä perustuvat motoriseen oppimiseen ja uudelleen oppimiseen (Todhunter-Brown 2014). Motorisen uudelleenoppimisen menetelmissä hyödynnetään tehtäväkeskeistä harjoittelua, jotta opitaan suoritukseen tai toimintoon tarvittavat motoriset taidot. Harjoittelu tapahtuu tehtävään liittyvässä ympäristössä, mikä lisää sensorista palautetta ja kykyä mukauttaa suorituksia. (Saikaley ym. 2022, 36.) Mikään kyseisistä menetelmistä ei ole osoittautunut toistaan paremmaksi päivittäisten toimintojen tai motoriikan kehittämisessä (Todhunter-Brown 2014).

Kahden viime vuosikymmenen aikana on tullut monia uusia kuntoutusmuotoja, kuten etä- ja virtuaalikuntoutus, joiden ansiosta runsaat toistomäärät ovat helpommin saavutettavissa kuin yksinomaan perinteisiä terapioida käyttäen. Etäkuntoutus on erilaisten etäteknologiaa (puhelinta, matkapuhelinta, tietokonetta mukaan lukien tablettitietokoneet, puhelimen ja tietokoneen yhteiskäyttö, televisiosovelluksia) hyödyntävien laitteiden ja sovellusten tavoitteellista käyttöä kuntoutuksessa. Etäkuntoutus on ammattilaisen ohjaamaa ja seuraamaa. Virtuaalikuntoutuksessa käytetään erilaisia virtuaalitodellisuutta hyödyntäviä teknologioita, kuten virtuaalilaseja. Virtuaalisen kuntoutuksen keinoja voidaan hyödyntää sekä kasvokkaisessa kuntoutuksessa, että etäkuntoutuksessa. (Hiekkala, Pitkänen & Huhtakangas 2020, 456–458.)

Viime vuosina vilkkaan tutkimuksen ja tuotekehityksen aiheena on Hiekkalan ym. (2020, 459) mukaan ollut myöskin kuvitellun liikesuorituksen tuottaman aivokuoren aktiivisuuden analysointiin pohjautuva kuntoutusteknologia. Englanninkielisessä kirjallisuudessa tästä teknologiasta käytetään nimitystä brain-computer interface (BCI), jossa tavoitteena on tunnistaa liikesuorituksen ajatteluun liittyvä biosignaali ja tuottaa siihen pohjautuva liikevaste esimerkiksi tietokoneen näytöllä avatarhahmon muodossa tai liikuttaa halvaantunutta raajaa ortoosin, robotiikan tai toiminnallisen sähköstimulaation avulla. (Hiekkala ym. 2020, 459.)

3.3 Fysioterapian keinoja kävelyn kuntoutuksessa

Kävelykyvyn palautuminen on oleellinen osa itsenäisen päivittäisen elämän saavuttamista. Siksi kävelykyvyn palautuminen on yksi keskeisimmistä tavoitteista aivoverenkiertohäiriön sairastaneilla. Tavanomainen kävelyn harjoittelu sisältää kävelyä tarvittavien apuvälineiden ja ortoosien avulla. Harjoittelua ohjataan sanallisesti ja manuaalisesti. (Peurala ym. 2014, 387.) Kävelyn harjoittelusta

on osoitettu olevan hyötyä niin kuntoutuksen alkuvaiheessa kuin myöhemmin toteutetuissa kävelyinterventioissa. (Hornby ym. 2011, 293–294; Pyöriä ym. 2015,15.)

Peuralan ym. (2014, 387) kirjallisuuskatsauksessa todetaan löytyvän näyttöä tehtäväkeskeisten harjoitteiden vaikuttavuudesta motorista oppimista vaativien toimintojen, kuten kävelyn oppimisessa. Tehtäväkeskeistä kävelyharjoittelua on tutkittu laajasti ja sitä on käytetty kliinisenä interventiona kävelykyvyn parantamiseksi aivoverenkiertohäiriön jälkeen (Hornby ym. 2011, 294.)

Tehtäväkeskeinen harjoittelu kävelyn kuntoutuksessa koostuu yleisimmin intensiivisestä harjoittelusta toiminnallisilla harjoitteilla tai kävelymattoharjoittelusta. Intensiivinen harjoittelu sisältää haluttuun motoriseen taitoon sisältyviä spesifejä harjoitteita, kuten seisomaan nousua, esteen yli astumista, kääntymistä ja kävelyä. Kävelymattoharjoittelu puolestaan on kävelyharjoittelua joko painokevennettynä tai ilman painokevennystä. (Eng & Tang 2007.)

On vahvaa näyttöä siitä, että kaikissa aivoverenkiertohäiriön jälkeisissä kuntoutusvaiheissa kuntoutuksen tulisi olla intensiivistä, sisältää paljon toistoja, harjoitteiden tulisi olla tehtäväkeskeisiä ja terapeuttien tulee auttaa kuntoutujaa vain tarvittaessa. Kuntoutustilanteet ovat kuormittavia ja vaativat useasti useamman terapeutin per potilas. Fysioterapeuttien työkuormaa on pyritty keventämään eri teknologioiden ja metodien avulla, joista yksi esimerkki on painokevennety kävely. (Pournajaf ym. 2023, 2.)

Painokevennetyssä kävelyharjoittelussa kuntoutujan painoa kevennetään ja asentoa tuetaan tukivaljailla, jolloin pystytään moninkertaistamaan toistojen määrä tavanomaiseen kävelyharjoitteluun verrattuna. Painokevennety kävelyharjoittelu mahdollistaa jatkuvan ja rytmisen kävelysyklin harjoittelun. (Wang 2022, 2 & Aivoliitto 2023.)

Robottivusteinen kävelyharjoittelu on tehokas keino uudelleenoppia motorinen taito (kävely) tehtäväkeskeisen, toistetun harjoittelun kautta. Cho:n ym. (2018) mukaan useat aiemmat tutkimukset raportoivat, että robottilaitteita hyödyntävä kävelyharjoittelu voi mm. tehostaa lihastoimintaa, askelnopeutta ja kävelyn itsenäisyyttä. Robottivusteinen kävelyharjoittelu mahdollistaa jatkuvan, toistettavan ja runsaasti toistoja sisältävän harjoittelun. (Cho ym. 2018.) Kävelyn kuntoutukseen käytettäviä robotteja on saatavilla erilaisia, ja ne voidaan jakaa kahteen tyyppiin: end-effector- ja eksoskeleton tyyppisiin laitteisiin. End-effector-laitteissa mekaaniset voimat kohdistuvat raajojen distaaliin. Eksoskeletoneissa laitteen akselit tai nivelet asennetaan

kuntoutujan raajojen nivelten kohdalle, jolloin laite pystyy kontrolloimaan ja ohjailemaan koko raajan liikerataa. Molemmat laitetyypit voivat joko liikuttaa raajaa passiivisesti, avustaa raajan liikettä tai vastustaa sitä. (Ilves ym. 2022.)

3.4 Toiminnallinen sähköstimulaatio (FES)

Toiminnallista sähköstimulaatiota (Functional electrical stimulation) käytetään vaihtoehtoisena hoitomuotona kävelyn harjoittelun yhteydessä. FES-teknologia eli hermo-lihas-sähköstimulaation integrointi toiminnalliseen harjoitteluun on alun perin kehitetty avustamaan aivoverenkiertohäiriökuntoutujia, joilla esiintyy nilkan dorsifleksion heikkoutta. Tällä hetkellä FES-teknologiaa käytetään pareettisen raajan toiminnan parantamiseen erilaisten motoristen toimintojen yhteydessä. (Saikaley ym. 2022, 196). Sähköstimulaation avulla pyritään avustamaan nilkan dorsifleksiota kävelyn heilahdusvaiheessa. FES-teknologiaa hyödyntävien laitteiden vaikutuksista hemipareettisten aikuisten kävelyn on tehty useita kirjallisuuskatsauksia. Laitteilla on osoitettu olevan välitön ortoottinen vaikutus, kun sähköstimulaation aikaansaaman nilkan dorsifleksion myötä kävelyn biomekaniikka paranee. Lisäksi pitkäaikainen FES-laitteen käyttö voi saada aikaan terapeuttisia vaikutuksia, joilla tarkoitetaan laitteen käytön myötä tapahtuneita fysiologisia muutoksia, jotka ovat mitattavissa laitteen ollessa pois käytöstä. (Everaert 2013, 579.)

Sähköstimulaatio aktivoi sensomotorista järjestelmää sähköimpulsseilla, jotka johdetaan ihon läpi kohdelihakseen tai -hermoon. On esitetty, että perifeerisen sensomotorisen järjestelmän sähköstimulaatio helpottaa tahdonalaisen liikkeen palautumista sekä surkastuneiden lihasten vahvistamista, sekä lisää liikelajuutta ja vähentää spastisuutta. Perifeeristen muutosten lisäksi sähköstimulaatio lisää pareettisten lihasten kortikospinaalisten hermoratojen aktiivisuutta sekä aivojen plastisuutta. (Busk ym. 2020.) Kortikospinaaliset hermoradat yhdistävät aivokuoren selkäyttimeen ja mahdollistavat tahdonalaiset liikkeet (Natali, Reddy & Bordoni 2023). Toiminnallisella sähköstimulaatiolla ei ole vaikutusta hermon uusiutumisenopeuteen (Kauranen 2021, 430).

FES-laitteet aistivat kävelyn vaihetta painesensorien avulla. Tämän tiedon myötä FES-laitteella saadaan oikean aikaisilla sähköimpulsseilla aktivoitua alaraajojen lihaksistoa ja sitä kautta nilkan,

polven ja lonkan liikkeitä oikeassa tahdissa, mikä edesauttaa normaalin kävelysyklin saavuttamisessa. (Nascimento ym. 2020, 44; Da Cunha ym. 2021, 1–2). FES-laite stimuloi jalkaterän dorsifleksiota ja eversiota aikaansaavia lihaksia, jotka varmistavat, että jalkaterä on tarpeeksi irti alustasta kävelyn heilahdusvaiheessa. Laite myös ehkäisee liiallista inversiota tukivaiheen alussa. (Nascimento ym. 2020, 44.)

4 KIRJALLISUUSKATSAUS

Opinnäytetyömme on kuvaileva kirjallisuuskatsaus (narrative literature review), jossa pyrimme narratiivisen katsaustyyppin mukaisesti kuvailemaan ja kertomaan viimeaikaisista FES-teknologian käyttöön liittyvistä tutkimuksista. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen kysymyksenasettelu on tyypillisesti laaja mutta voi sisältää erilaisia rajoituksia. Katsaus voi kohdistua erilaisia tutkimusasetelmia sisältäviin tutkimuksiin keskittyen yhteen tutkimusaiheeseen, tutkimusprosessien ja menettelytapojen kuvaamiseen tai tutkimusaiheen menetelmällisiin elementteihin. (Suhonen, Axelin & Stolt 2016, 9). Salmisen (2011, 6–7) mukaan kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yksi yleisimmin käytetyistä kirjallisuuskatsauksen perustyypeistä, ja sitä voi luonnehtia yleiskatsaukseksi ilman tarkkoja sääntöjä. Sen avulla tutkittava ilmiö pystytään kuitenkin kuvaamaan laaja-alaisesti, ja tarvittaessa luokittelemaan tutkittavan ilmiön ominaisuuksia.

Kirjallisuuskatsauksille tyypillisen laajan kysymyksenasettelun sijaan halusimme omaa työtä helpottaaksemme rajata tutkimuskysymykset melko tarkoiksi. Suppeampi kysymyksenasettelu mahdollistaa ilmiön tarkastelun spesifimmästä näkökulmasta, tässä työssä halusimme keskittyä tiettyihin kävelyn parametreihin. Emme rajanneet mitään tutkimusasetelmia työstämme pois ja katsauksessamme keskityimme löytämään vastaukset valittuihin tutkimuskysymyksiin kiinnittämättä huomiota valittujen tutkimusten menetelmällisiin elementteihin.

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Opinnäytetyömme tarkoituksena on tutkitun tiedon kokoaminen yhteen toimeksiantajalle FES-tekniikan vaikutuksista aivoverenkiertohäiriökuntoutujien kävelyyn kirjallisuuskatsaukseen valittujen aiempien tutkimusten avulla. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on kuvailla tietoa ja tehdä siitä synteesi aiheesta aiemmin tehtyjen tutkimusten pohjalta (Pudas-Tähkä & Axelin 2007, 46). Opinnäytetyömme tavoitteena on tuottaa selkeä ja informatiivinen raportti aiheesta, sekä oman osaamisemme syventäminen ja osoittaminen.

Tutkimuskysymystä määritellessä hyödynsimme PICO-menetelmää. PICO-menetelmän avulla tutkimuskysymystä määritellessä huomioidaan neljä tekijää: Potilasryhmä tai tutkittava ongelma (P: population/problem on interest), tutkittava interventio tai interventiot (I: intervention under investigation), interventioiden vertailut (C: the comparison of interest) ja kliiniset tulokset eli lopputulosmuuttujat (O: the outcomes considered most important). (Pudas-Tähkä & Axelin 2007, 47.)

Tutkittavaksi potilasryhmäksi valitsimme aikuiset aivoverenkiertohäiriökuntoutajat, sillä alustavaa tiedonhakua FES-tekniikan käytöstä alaraajakuntoutuksessa tehdessämme huomasimme, että suurin potilasryhmä, jonka alaraajojen toimintahäiriöiden kuntoutuksessa FES-tekniikkaa hyödynnetään, on nimenomaan aivoverenkiertohäiriökuntoutajat.

Tutkittavaksi interventioksi valikoitui FES-tekniikka, koska koko kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on tuottaa toimeksiantajalle tietoa siitä, mitä FES-tekniikan käytöstä alaraajakuntoutuksessa tiedetään tämän hetken tiedon mukaan. Vertailtava interventio on muut fysioterapiakeinot aivoverenkiertohäiriöiden kuntoutuksessa, vaikka varsinaista interventioiden vertailua emme tehneet.

Lopputulosmuuttujaksi määräytyi muutokset potilaan kävelyssä, koska kävely on ihmisen perusliikkumismuoto ja yleisin liikkumisen muoto. Alustavaa tiedonhakua suorittaessamme havaitsimme useiden hakutulosten käsittelevän kävelyä, minkä vuoksi päädyimme rajaamaan lopputulosmuuttujat kävelyn mitattaviin parametreihin. Mitattaviksi parametreiksi valikoitui

alustavan tiedonhaun myötä kävelyvauhti ja –matka. Mukaan otetaan tutkimuksia, joissa kävelyvauhtia ja –matkaa on arvioitu 6 minuutin kävelytestillä tai 10 metrin kävelytestillä. Kyseiset mittarit toistuvat Wistin, Climazin ja Sattelmayerin (2016, 115) mukaan kirjallisuudessa usein, ja TOIMIA-tietokannan mukaan soveltuvat aivoverenkiertohäiriö-potilaan kävelyvauhdin arviointiin. Aivoverenkiertohäiriö-potilaiden on todettu sietävän 6 minuutin kävelytestin rasitusta hyvin. Se kuvastaa aivoverenkiertohäiriöpotilaan kävelykapasiteettia, ollen suositeltava testi kyseisen potilasryhmän toimintakyvyn arviointiin. (Peurala & Paltamaa 2022.) 10 metrin kävelytestiä pidetään suositeltavana mittarina, koska se on yksinkertainen, validi ja olennaista mittaava. Kävelytestin validiteettia osoittaa mm. kävelyvauhdin yhteydet tasapainoon ja toiminnallisiin liikuntakyvyn luokkiin. (Paltamaa 2022.) Lisäksi Valtakunnallisten lääkinnällisen kuntoutuksen apuvälineiden luovutusperusteissa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2023, 105–107) toimintakyvyn edistymisen arvioinnissa sähköstimulaattorin luovutusperusteiden täyttymistä arvioitaessa, käytetään sekä 10 metrin, että 6 minuutin kävelytestiä.

Opinnäytetyön tarkoituksen ja PICO-menetelmän pohjalta muodostimme kaksi tutkimuskysymystä:

1. Millaisia vaikutuksia FES-tekniikalla on avh-kuntoutujien kävelymatkaan?
2. Millaisia vaikutuksia FES-tekniikalla on avh-kuntoutujien kävelyvauhtiin?

Tutkimuskysymykset muotoilimme siten, etteivät ne sisällä ennako-oletuksia tulosten suhteen. Pyrimme muodostamaan tutkimuskysymykset siten, että hakutulokset ovat riittävän fokusoituneita, mutta ei liian suppeita, jotta pystymme vastamaan aineiston avulla tutkimuskysymyksiin. (Ks. Niela-Vilén & Hamari 2016, 24.)

6 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTTAMINEN

Tutkimuskysymysten määrittämisen jälkeen pohdimme ja valitsimme menetelmät katsauksen tekoon, eli muodostimme hakustrategian. Hakustrategian tarkoituksena on tunnistaa katsauksen kannalta relevantit tutkimukset (Pudas-Tähkä & Axelin 2007, 49). Menetelmät käsittävät muun muassa hakutermien pohtimisen ja valinnan sekä tietokantojen valinnan (Johansson 2007, 6)

Hakutermien pohtimisen aloitimme keskeisten käsitteiden pohjalta. Keskeisiksi käsitteiksi muodostui tutkimuskysymystemme pohjalta FES-teknologia, aivoverenkiertohäiriöt ja kävely, joista muodostimme mahdollisia hakutermejä FinMeSH asiasanaston avulla suomeksi ja englanniksi.

Taulukko 1. Aineiston haussa käytettävät hakutermi

Käsite 1	Käsite 2	Käsite 3
FES	Post-stroke	Gait
TMES	AVH	Walk
Toiminnallinen sähköstimulaatio	Hemiplegia	Kävely
EMS	Peroneuspareesi	Käveleminen
NMES	Aivojen verenkiertohäiriöt	Ambulation
Funktionaalinen sähköstimulaatio	Hemiparesis	Walking
Functional electrical stimulation	Hemipareesi	
Electrical muscle stimulation	Osittaishalvaus	
Neuromuscular Electrical stimulation	Toispuolihalvaus	
Electric stimulation	Crossed hemiplegia	
	Stroke	
	Brain Infarction	
	Cerebrovascular disorders	

Taulukkoon 1 on koottu käsitteet, joista muodostimme tiedonhaun hakutermit- ja lausekkeet. Hakutermien lopullinen muoto riippui sen tietokannan ominaisuuksista, josta hakua ollaan tekemässä. Tietokannat, joita käytämme hakujen suorittamiseen ovat PubMed, PEDro – Physiotherapy Evidence Database, Cinahl, sekä kotimaisista tietokannoista Finna sekä Medic. Tietokantojen sekä hakutermien valintaan saimme ohjausta oppilaitoksemme kirjaston informaattikolta. Valitsimme käyttämämme tietokannat niiden joukosta, joihin oppilaitoksemme on hankkinut käyttöoikeuden. Tietokannoista tuli löytyä fysioterapiaan liittyviä julkaisuja.

Tietokantahakujen ensimmäisessä vaiheessa, suoritimme haut tietokanta kerrallaan ja valikoimme hakutulosten joukosta otsikon perusteella tutkimuskysymyksiimme sopivat viitteet. Ensimmäisen haun alussa muokkasimme sisäänotto- ja poissulkukriteerejä, jotta emme sulkisi tarkastelun ulkopuolelle otsikon perusteella aiheeseen liittyviä julkaisuja. Otsikkotasolla kirjallisuushaussa sisäänottokriteereinä oli, että otsikossa mainitaan sähköstimulaatio, aivoverenkiertohäiriö ja kävely tai kuntoutus. Otsikkotason sisäänotto- ja poissulkukriteerit on esitetty taulukossa 2. Suoritimme haut yhdessä yhdellä tietokoneella, mikä mahdollisti haun dokumentoinnin samanaikaisesti, lisäten sen luotettavuutta. Tämä myös sujuvoitti hakuprosessia, sillä saimme kerralla valittua kaikki otsikon perusteella sisään otettavat tutkimukset käyttämättä aikaa erilliseen tulosten vertailuun.

Taulukko 2. Otsikkotason sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Otsikossa mainittu aivoverenkiertohäiriö	Otsikossa mainittu esim. CP, MS
Otsikossa mainittu kävely tai kuntoutus	Otsikossa mainittu yläraaja
Otsikossa mainittu sähköstimulaatio	Otsikossa mainittu TENS
Otsikko suomeksi tai englanniksi	Otsikon kieli jokin muu kuin suomi tai englanti
	Otsikossa mainittu lapset
	Otsikossa mainittu eläimet

Rajasimme hakutulokset kaikissa käyttämässämme tietokannoissa jo haun ensimmäisessä vaiheessa siten, että tulokset olisivat vuonna 2010 tai sen jälkeen julkaistuja tutkimuksia. Toisena merkittävästi tuloksia rajaavana tekijänä oli kieli (suomi tai englanti). Ebsco-Cinahl tietokannassa rajasimme tulokset koskemaan pelkästään vertaisarvioituja tutkimuksia, sillä Cinahlin hakukone mahdollisti kyseisen rajauksen. Muut tietokannat eivät mahdollistaneet kyseistä rajausta. Päädyimme rajaamaan tuloksia jo haun ensimmäisessä vaiheessa, koska testihakujen perustella

tuloksia olisi ilman rajoituksia tullut niin paljon, etteivät resurssimme olisi riittäneet kaikkien läpikäymiseen.

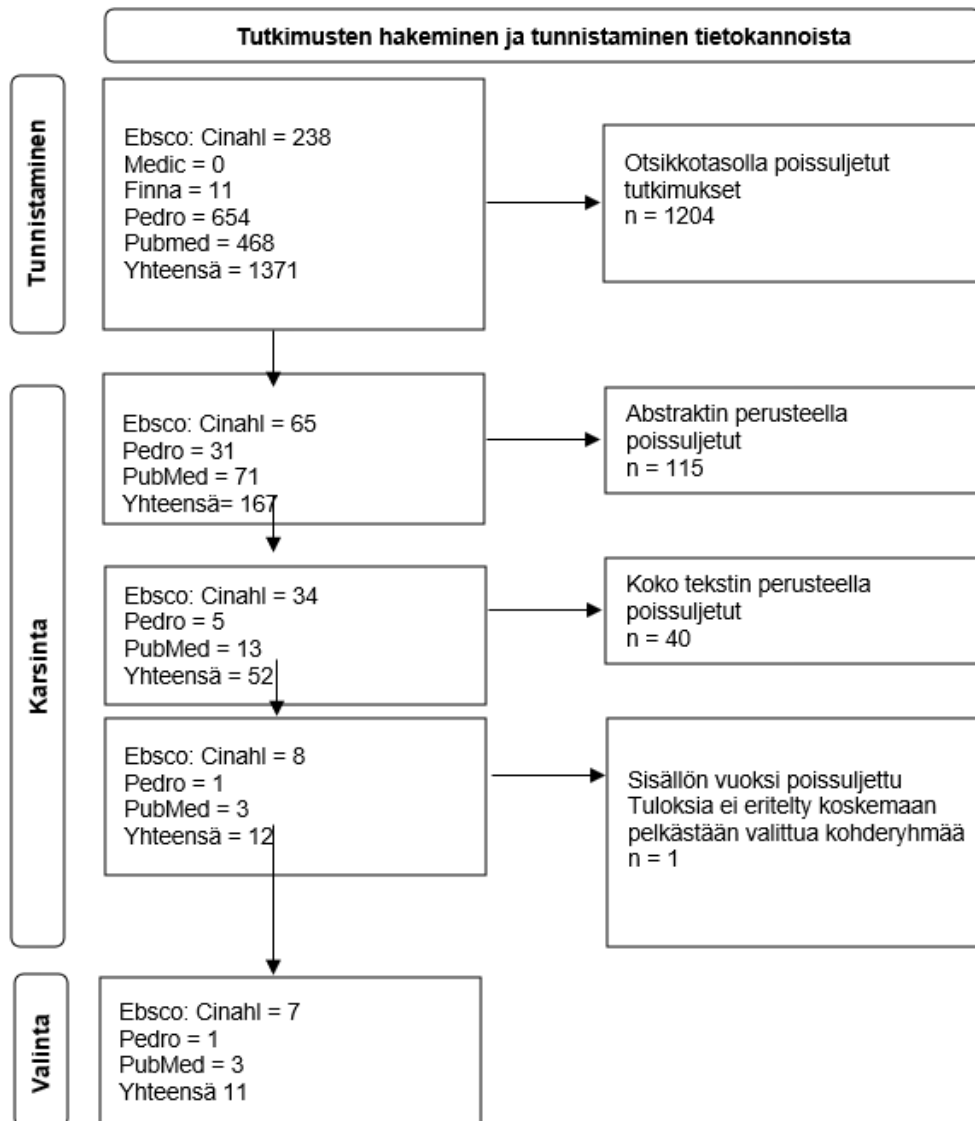
Otsikon perusteella sisäänoton jälkeen siirryimme tarkastelemaan valittuja tutkimuksia abstraktitasolla. Artikkelien valikointi abstraktien perusteella toteutettiin ensin itsenäisesti jokaisen tekijän toimesta ja valikoidut artikkelit tallennettiin Mendeley- viitteidenhallintaohjelmaan. Artikkelien sisäänottokriteereinä abstraktien perusteella oli, että aineisto koskee aivoverenkiertohäiriön sairastaneita, tutkittava interventio on FES-teknologia ja kävelyä on tarkasteltu kävelyvauhdin tai -matkan perusteella. Abstraktitason sisäänottokriteerit on eritelty tarkemmin taulukossa 3. Kävelyn tutkimista ja mittaamista oli toteutettu monin eri tavoin, mikä asetti haasteita ja pohdintaa koskien sisäänottokriteereitä. Sovimme yhdessä, että abstraktitasolla sisäänottokriteeriksi riitti maininta kävelyvauhdista- tai matkasta, sillä hyvin harvassa tutkimuksessa kävelyvauhdin tai -matkan mittaamiseen käytettyä mittaria/menetelmää oli kerrottu abstraktissa.

Artikkelit, joita ei ollut valittu kaikkien toimesta, mutta oli valittu yhden tai kahden tekijän toimesta, käytiin vielä itsenäisesti läpi, minkä jälkeen keskustelimme ryhmänä kunkin artikkelin sisäänotosta. Keskustelun kohteena oli kaikista tietokannoista yhteensä 36 artikkelia, jotka jokainen tekijä luki vielä uudelleen. Näistä 36 artikkelista pudotimme 7 tarkastelun ulkopuolelle poissulkukriteerien perusteella. Abstraktin perusteella sisään otettuja tutkimuksia oli lopulta 52.

Taulukko 3. Abstraktitason sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Abstraktissa mainitaan sähköstimulaatio, aivoverenkiertohäiriö ja kävely tai kuntoutus	Muut kuin aivoverenkiertohäiriökuntoutajat
Artikkeli suomeksi tai englanniksi	Muulla kielellä kuin suomi tai englanti
Artikkeli kokonaan saatavilla OAMK käyttöoikeuksilla	Artikkelista saatavilla vain abstrakti
Artikkeli ilmainen	Artikkeli maksullinen
Julkaistu 2010 tai sen jälkeen	Julkaistu ennen vuotta 2010
Artikkelissa kävelyvauhtia arvioitu	Kävelyvauhtia ei arvioitu
Artikkelissa kävelymatkaa arvioitu	Kävelymatkaa ei arvioitu
Artikkelissa kävelyvauhti tai -matka muuttunut potilaan itsearvioimana	Artikkeli ei käsittele kävelyä

Koko tekstien tasolla tässä vaiheessa mukana olevia tutkimuksia tarkastellessa, jokainen kävi aineistot itsenäisesti läpi ennalta määrättyjen sisäänottokriteerien avulla. Koko tekstin perusteella sisäänottokriteerit tarkentuivat niin, että mukaan otetaan tutkimuksia, joissa kävelyvauhtia ja –matkaa on arvioitu 6 minuutin tai 10 metrin kävelytestillä Näin kaikkien vaiheiden myötä aineistoista saatiin karsittua pois kaikki maksulliset, väärää potilasryhmää tai interventiota koskevat tutkimukset sekä kriteereistä poikkeavat tutkimusmenetelmät. Koko tekstin perusteella poissuljettiin myös aineistot, missä aivoverenkiertohäiriökuntoutujilla ei ollut selkeää roolia, vaan tutkimus kosketti laajaa potilasryhmää. Suurin osa aineistoista jäi kuitenkin valitsematta siksi, että ne olivat maksullisia ja pelkkä abstrakti oli luettavissa ilmaiseksi. Mukaan otettuja tutkimuksia oli lopulta 12, joista yksi poissuljettiin, sillä tarkemmin tarkastellessa tutkimuksen tuloksissa aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden tuloksia ei käsitelty erillään progressiivisia sairauksia sairastavien tuloksista. Lopullinen tutkimusmäärä oli siis 11. Havainnollistamme artikkelien valinta- ja karsintaprosessia kuvassa 3, joka mukailee Prisma-kuvaajaa. Se kartoittaa tunnistettujen, sisällytettyjen ja poissuljettujen tietueiden lukumäärän sekä poissulkemisen syyt (Prisma 2023).



Kuva 3. Prisma-kuvaajaa mukaileva kaavio tutkimusvalinnasta

7 TULOKSET

Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui 11 tutkimusta; RCT (n=5), meta-analyysi (n=3), kartoittava ristikkäistutkimus (n=1), safety study (n=1), systemaattinen kirjallisuuskatsaus (n=1). Tutkimukset on julkaistu vuosien 2012 –2022 aikana: 2012 (n=1), 2013 (n=1), 2015 (n=2), 2016 (n=1), 2020 (n=1), 2021 (n=3) ja 2022 (n=2).

Alla olevassa taulukossa 4 on esitetty kaikki 11 katsaukseen valikoitua tutkimusta. Tutkimuksia, jotka hyödynsivät 6 minuutin kävelytestiä, oli n=5 ja tutkimuksia, jotka hyödynsivät 10 metrin kävelytestiä oli n=7. Yksi (Sannyasi) tutkimus sisälsi molemmat kävelytestit. Yhdessä tutkimuksessa (Nascimento) oli käytetty molempia kävelytestejä, mutta tuloksissa tarkasteltu vain kävelyvauhtia (m/s) tai sen muutoksia. Interventioiden kesto vaihteli 2 ja 30 viikon välillä. Yleisin intervention kesto oli neljä viikkoa (n=3).

Taulukko 4. Sisäännotetut tutkimukset

Artikkeli	Artikkelin tyyppi	Maa	Otanta	Käytetty testi
Awad ym. 2017 Reducing The Cost of Transport and Increasing Walking Distance After Stroke: A Randomized Controlled Trial on Fast Locomotor Training Combined With Functional Electrical Stimulation	RCT	Yhdysvallat	n=50	6 minuutin kävelytesti
Kang ym. 2021 The Effect of Implanted Functional Electrical Stimulation on Gait Performance in Stroke Survivors: A Systematic Review	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	Yhdysvallat	n=46	6 minuutin kävelytesti
Sannyasi ym. 2022 Gait Characteristics Following Stroke: A	Kartoittava ristikkäistutkimus	Intia	n=20	6 minuutin kävelytesti &

Prospective Crossover Study to Compare Ankle-Foot Orthosis with Functional Electrical Stimulation				10 metrin kävelytesti
McCrimmon ym. 2015 Brain-controlled functional electrical stimulation therapy for gait rehabilitation after stroke: a safety study	Safety study	Yhdysvallat	n=9	6 minuutin kävelytesti
Cho ym. 2015 Treadmill gait training combined with functional electrical stimulation on hip abductor and ankle dorsiflexor muscles for chronic hemiparesis	RCT	Korea	n=34	6 minuutin kävelytesti
Wang ym. 2022 The difference between the effectiveness of body-weight-supported treadmill training combined with functional electrical stimulation and sole body-weight-supported treadmill training for improving gait parameters in stroke patients: A systematic review and meta-analysis	Meta-analyysi	Kiina	n=386	10 metrin kävelytesti
da Cunha ym. 2021 Functional electrical stimulation of the peroneal nerve improves post-stroke gait speed when combined with physiotherapy. A systematic review and meta-analysis	Kirjallisuuskatsaus	Brasilia	n=1077	10 metrin kävelytesti
Nascimento ym. 2020 Ankle-foot orthoses and continuous functional electrical stimulation improve walking speed after stroke: a systematic review and meta-	Meta-analyysi	Brasilia	n=125	10 metrin kävelytesti

analyses of randomized controlled trials				
van Bloemendaal ym. 2021 Feasibility and Preliminary Efficacy of Gait Training Assisted by Multichannel Functional Electrical Stimulation in Early Stroke Rehabilitation: A Pilot Randomized Controlled Trial	RCT	Hollanti	n=40	10 metrin kävelytesti
Morone ym. 2012 Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: a randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase	RCT	Italia	n=20	10 metrin kävelytesti
Everaert ym. 2013 Effect of a Foot-Drop Stimulator and Ankle-Foot Orthosis on Walking Performance After Stroke: A Multicenter Randomized Controlled Trial.	RCT	Kanada	n=93	10 metrin kävelytesti

Valikoidut tutkimukset tarkastelivat FES-tekniikan vaikutuksia aivoverenkiertohäiriöön sairastuneiden kävelyyn. Osassa tutkimuksista kävelyvauhdin- tai matkan mittaaminen oli toissijainen tutkimustulos, jolloin näiden tulosten avaaminen oli pintapuoleista tai niitä ei eritelty tuloksissa. Jokaisessa tutkimuksessa interventiona oli FES-tekniikka, joista yhdessä tarkasteltiin implantoitua FES-laitetta. Vertailtava interventio vaihteli tutkimusten välillä, joista pinnalle nousivat AFO:t (n=3) sekä tavanomainen kävelyharjoittelu ja/tai fysioterapia (n=3). Kolmessa (n=3) tutkimuksessa tarkasteltiin FES-tekniikan vaikutusta kävelyyn kävelymattoharjoittelun (yhdessä painokevennetty) yhteydessä. Kolmessa (n=3) tutkimuksessa ei joko kerrottu tai käytetty vertailtavaa interventiota. Kaikki tutkimukset sisälsivät jonkinlaista kävelyharjoittelua lukuun ottamatta kahta; implantoidun FES-laitteen yhteydessä (Kang ym.) harjoittelun sisältöä ei avattu tai

toteutettu ollenkaan ja toisessa (McCrimmon ym.) harjoittelu painottui jalan dorsifleksio- liikkeeseen FES-tekniikan avulla.

Sisäänotto- tai poissulkukriteereissä emme tehneet rajoituksia koskien aivoverenkiertohäiriöön sairastumisesta kulunutta aikaa. Tutkimukset sisälsivät osallistujia akuutista, subakuutista sekä kroonisesta vaiheesta aivoverenkiertohäiriön jälkeen. Aika sairastumisesta vaihteli tutkimusten välillä enintään 31 päivästä aina 9 vuoteen asti. Interventioiden kesto vaihteli 2 ja 30 viikon välillä. Yleisin intervention kesto oli neljä viikkoa (n=3).

7.1 Kävelymatkaa mitanneet tutkimukset (6 minuutin kävelytesti)

Kaikissa muissa paitsi yhdessä (**Awad ym. 2017**) rct-tutkimuksessa FES-tekniikalla todettiin olevan parannusta kävelymatkaan. Kyseisessä tutkimuksessa osallistujat jaettiin kolmeen ryhmään sattumanvaraisesti. Kaikki ryhmät harjoittelivat saman verran, ja harjoittelu sisälsi kävelyharjoittelua kävelymatolla turvavaljaissa, mutta ilman painokevennystä. Varsinaisen tutkimusryhmän kävelyharjoittelussa yhdistettiin nopeaa kävelyä ja FES-tekniikkaa (FastFes). Toinen kontrolliryhmä käveli itse valitulla vauhdilla ilman sähköstimulaatiota (SS), ja toinen kontrolliryhmä käveli nopeaa kävelyä ilman sähköstimulaatiota (Fast). Tutkimuksen aluksi määritettiin osallistujien tavanomainen ja maksimaalinen kävelyvauhti, joiden mukaan harjoittelun parametrit saatiin määritettyä. Interventio kesti yhteensä 12 viikkoa, ja harjoittelu tapahtui 3 kertaa viikossa, yhteensä 36 kertaa. Jokainen terapiakerta koostui viidestä kuuden minuutin kävelymattojaksosta, minkä jälkeen osallistujat kävelivät yhden kuuden minuutin jakson maalla. Yhteensä kävelyharjoittelua/terapiakerta tuli siis 36 minuuttia. FastFes-ryhmän harjoittelussa kävelyä avustettiin sähköstimulaatiolla joka toinen minuutti kävelymattoharjoittelusta, eli yhteensä puolet kävelymattoharjoittelua ajasta. Tulokset eivät osoittaneet eroja ryhmien välillä kävelymatkan kehityksessä.

Muut tutkimukset osoittivat yhteneväisiä tuloksia, vaikka FES-interventioon yhdistetty terapia ja aivoverenkiertohäiriöstä kulunut aika vaihteli tutkimusten välillä. **Kangin ym. (2021)** kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin implantoidun sähköstimulaattorin vaikutusta kroonisessa vaiheessa olevien aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden kävelyyn. Tutkimuksista neljä raportoi kävelymatkaa 6 minuutin kävelytestillä. Terapiainterventioiden sisältöä ei kuvattu tarkasti.

Seurannassa osallistujien 6 minuutin kävelytestin tulos oli parantunut kaikissa 6 minuutin kävelytestiä käyttäneissä tutkimuksissa.

Kaikki muut tutkimukset sisälsivät kävelyharjoittelua jossain muodossa, paitsi **McCrimmon ym. (2015)**, missä harjoittelu painottui jalan dorsifleksioliikkeen harjoitteluun yhdessä BCI (Brain-computer interface)-FES-tekniologian avulla. Kyseissä tutkimuksissa on seurattu aivosähkökäyrän avulla, milloin osallistujat yrittävät tahdonalaisesti toteuttaa jalan dorsifleksiota ja pyritty oikean aikaisella sähköstimulaatiolla avustamaan liikettä. Interventio kesti yhteensä neljä (4) viikkoa, sisältäen kolme tunnin mittaista terapiakertaa viikossa, ja osallistujia oli 9. Jokaisen terapian sisältönä oli mahdollisimman monta kierrosta 10 sekunnin mittaisia jännitä/rentouta -käskyä, jolloin osallistuja pyrki ohjeen mukaan dorsifleksoimaan jalkateränsä ja BCI-FES-järjestelmä tunnisti pyrkimyksen ja tarjosi vastaavan stimulaation. 5 osallistujista 6 minuutin kävelymatka parani alkutestistä 10 % tai enemmän ja lopuilla neljällä osallistujista kävelymatka parani 20 % tai enemmän.

Cho ym. (2015) tutki kävelymattoharjoittelun ja FES-tekniologian yhteisvaikutusta kroonisten aivoverenkiertohäiriö kuntoutujien kävelyyn. Sähköstimulaatiota annettiin gluteus medius (GM) sekä tibialis anterior (TA) -lihaksiin. 34 osallistujaa jaettiin sattumanvaraisesti kolmeen ryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä oli 11 osallistujaa, jotka saivat sähköstimulaatiota GM ja TA -lihaksiin kävelymattoharjoittelun aikana. Toisessa ryhmässä oli 11 osallistujaa, jotka saivat sähköstimulaatiota vain TA lihakseen. Kolmannessa ryhmässä osallistujia oli 12 ja harjoittelu sisälsi vain kävelymattoharjoittelua ilman sähköstimulaatiota. Osallistujien keskimääräinen kävelyvauhti mitattiin analysoimalla tavanomaista kävelysuoritusta ennen harjoittelua. Kävelyharjoittelu aloitettiin alun mittauksen keskimääräisellä vauhdilla ja vauhtia lisättiin viikoittain 0,1 km/h. Interventio kesti neljä viikkoa ja osallistujat toteuttivat kävelyharjoittelua 5 kertaa viikossa 30 minuuttia kerrallaan, yhteensä 20 kertaa. Lisäksi osallistujat saivat perinteistä fysioterapiaa viisi kertaa viikossa koko tutkimusjakson ajan, yhteensä 20 tuntia. Pelkkää kävelymattoharjoittelua ilman sähköstimulaatiota toteuttaneilla osallistujilla 6 minuutin kävelymatka parani 11 metriä. Sähköstimulaatiota tibialis anterior-lihakseen saaneiden kävelymatka parani 12 metriä ja sähköstimulaatiota tibialis anterior ja gluteus medius -lihaksiin saaneiden kävelymatka parani 47 metriä.

Aivoverenkiertohäiriöstä kulunut aika oli kaikissa tutkimuksissa yli 6kk lukuun ottamatta yhtä (**Sannyasi ym. 2022**), jossa aivoverenkiertohäiriöstä oli kulunut yli 3kk. Tutkimuksessa vertailtiin

FES-tekniikan ja nilkka-jalkateräortoosien (AFO) vaikutuksia aivoverenkiertohäiriökuntoutujien kävelyyn. Yhtenä alku- ja lopputestinä oli käytetty 6 minuutin kävelytestiä. Osallistujat (n=20) oli jaettu kahteen ryhmään, joista toinen ryhmä harjoitteli kävelyä ensin viikon AFO:n kanssa, minkä jälkeen viikon FES-laitteen kanssa. Toinen ryhmä harjoitteli ensin FES-laitteen kanssa, ja jälkimmäisen viikon AFO:n kanssa. Kävelyharjoittelua osallistujat toteuttivat 2 tuntia joka päivä kahden viikon ajan. Lisäksi he saivat muuta fysio- ja toimintaterapiaa. 6 minuutin kävelytestin tulokset paranivat enemmän FES-laitteen käyttäjillä. AFO:n käyttäjillä kävelymatka parani 6 minuutin kävelytestissä keskimäärin 7 metriä, ja FES-laitteen käyttäjillä keskimäärin 17 metriä lähtötasoon verrattuna. Taulukossa 5 on esitettyä kaikki kävelymatkaa mitanneet tutkimukset.

Taulukko 5. Kävelymatkaa mitanneet tutkimukset

Nimi	Artikkelin tyyppi	Kuntoutumisen vaihe	Interventiolla vaikuttavuutta kävelymatkaan
Awad ym. 2017 Reducing The Cost of Transport and Increasing Walking Distance After Stroke: A Randomized Controlled Trial on Fast Locomotor Training Combined With Functional Electrical Stimulation	RCT	Myöhäisvaihe	Ei
Kang ym. 2021 The Effect of Implanted Functional Electrical Stimulation on Gait Performance in Stroke Survivors: A Systematic Review	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	Myöhäisvaihe	Kyllä
Sannyasi ym. 2022 Gait Characteristics Following Stroke: A Prospective Crossover Study to Compare Ankle-Foot Orthosis with Functional Electrical Stimulation	Kartoittava ristikkäistutkimus	Subakuutti vaihe	Kyllä
McCrimmon ym. 2015 Brain-controlled functional electrical stimulation therapy for gait rehabilitation after stroke: a safety study	Safety study	Myöhäisvaihe	Kyllä
Cho ym. 2015	RCT	Myöhäisvaihe	Kyllä

Treadmill gait training combined with functional electrical stimulation on hip abductor and ankle dorsiflexor muscles for chronic hemiparesis			
---	--	--	--

7.2 Kävelyvauhtia mitanneet tutkimukset (10 metrin kävelytesti)

Sannyasi ym. (2022) hyödynsi lisäksi 10 metrin kävelytestiä kävelyvauhdin mittaamiseen. Tulosten mukaan FES-laitteen käyttäjillä esiintyi tilastollisesti merkittävää parannusta kävelyvauhdissa verrattuna AFO:n käyttäjiin. FES-laitteen käyttäjillä 10 metrin kävelytestiin kulunut kokonaisaika parani keskimäärin 5.3 sekuntia, kun taas AFO:n käyttäjillä kävelyvauhti parani keskimäärin 2.6 sekuntia.

Wangin ym. (2022) Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analyysissä verrattiin painokeyennetyyn kävelyharjoitteluun ja FES-tekniikan yhteisvaikutuksia pelkkään painokeyennettyyn kävelyharjoitteluun. Katsauksessa oli mukana yhteensä 14 tutkimusta, joista viidessä oli käytetty 10 metrin kävelytestiä. Näitä viittä tutkimusta tarkasteltaessa interventiot olivat kestäneet 3–12 viikkoa ja terapia toteutunut 4–6 kertaa viikossa. Osallistujien kuntoutumisen vaihetta ei määritelty. Meta-analyysissä tutkimukset oli jaettu kolmeen ryhmään harjoittelumäärän perusteella, mutta harjoittelumäärällä ei näyttänyt olevan merkitystä tuloksiin. Jokaisella ryhmällä 10 metrin kävelytestin tulos parani enemmän FES-tekniikan avulla. Tulokset olivat tilastollisesti merkittäviä. Yksittäisten tutkimusten 10 metrin kävelytestien tuloksia ei ollut esitetty vaan eri tutkimusten tuloksista oli tehty tilastointi meta-analyysin keinoin.

Da Cunhan ym. (2021) meta-analyysissä ja systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa oli mukana 14 tutkimusta, joista 8 tutki kävelyvauhtia 10 metrin kävelytestillä. Näistä kahdeksasta tutkimuksesta kolmessa osallistajat olivat joko akuutissa tai subakuutissa kuntoutumisen vaiheessa, ja viidessä kroonisessa vaiheessa. Intervention kesto vaihteli 4 viikosta 30 viikkoon. Interventioiden sisältö vaihteli pelkästä sähköstimulaation käytöstä kotona itsenäisesti tai sähköstimulaation yhdistämisestä itsenäiseen harjoitteluun, sähköstimulaation yhdistämiseen fysioterapiaan ja yksilölliseen harjoitusohjelmaan. FES-tekniikalla oli positiivisia vaikutuksia

kävelyvauhtiin, kun sen käyttö oli yhdistetty valvottujen ja ohjattujen harjoitteiden kanssa. Valvomattomaan kotiharjoitteluun yhdistettynä FES-tekniologialla ei ollut vaikutusta kävelyvauhtiin.

Nascimento ym. (2020) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa kävelyvauhdin mittaamiseen käytettiin sekä 10 metrin-, että 6 minuutin kävelytestiä. Katsaus sisälsi yhteensä 11 tutkimusta. Kaikissa kävelyvauhtia mittaavissa tutkimuksissa tulokset ilmoitettiin muodossa metriä per sekunti (m/s). Kaikista sisäenotetuista tutkimuksista neljässä (n=125), tutkittiin FES-tekniologian vaikutusta kävelyvauhtiin verrattuna samanlaiseen harjoitteluun ilman FES-laitetta, ja tuloksissa FES paransi kävelyvauhtia 0,09 m/s. Näissä neljässä tutkimuksessa intervention kesto vaihteli 8–12 viikon välillä, ja sisälsi mm. kävely- tai voimaharjoittelua sekä Bobath-terapiaa. Neljässä tutkimuksessa (n=895) puolestaan verrattiin FES-tekniologian ja AFO:n vaikutusta kävelyvauhtiin. Tuloksissa ei havaittu eroja AFO:n käyttäjien ja FES-käyttäjien välillä.

Van Bloemendaal ym. (2021) tutkivat satunnaistetussa kontrolloidussa tutkimuksessaan monikanavaisen elektronisen stimulaation vaikutusta subakuutissa vaiheessa olevien laitostuntoutujien kävelyvauhtiin. Osallistujia oli yhteensä 40, ja interventiojakso kesti 10 viikkoa, mikäli kuntoutuja ei kotiutunut ennen jakson päättymistä. Kuntoutujat jaettiin interventioryhmään ja kontrolliryhmään, ja molemmat harjoittelivat kävelyä 30 minuuttia joka arkipäivä (5 kertaa viikossa), interventioryhmä MFES-laitteen kanssa ja kontrolliryhmä ilman. Tuloksissa 10 metrin kävelytestin tulos on parantunut molemmilla ryhmillä lähtötasoon verrattuna. Seurannassa kontrolliryhmän tulos oli parantunut hieman enemmän.

Moronen ym. (2012) satunnaistetussa kontrolloidussa tutkimuksessa 20 subakuutissa vaiheessa olevaa osallistujaa jaettiin sattumanvaraisesti kahteen ryhmään; interventioryhmään, joka käytti kävelyharjoittelun apuna sähköstimulaatiota ja kontrolliryhmään, jonka terapia toteutui sisällöltään samanlaisena kuin interventioryhmän, mutta käytettynä kävelyn apuvälineenä oli AFO. Interventio kesti 4 viikkoa, jonka aikana kävelyharjoittelu tapahtui yhteensä 20 kertaa, 5 kertaa viikossa kestäen joka kerta 40 minuuttia. Tutkimuksessa ensisijainen tarkoitus oli arvioida FES-laitteen vaikutusta kuntoutujien kävelyvauhtiin, jota mitattiin 10 metrin kävelytestillä. 10 metrin kävelytestin tulos ilmoitettiin matkan kävelyn kuluneena aikana. Interventioryhmällä 10 metrin kävelytestin aika parani selvästi enemmän verrattuna kontrolliryhmään. Myös kontrolliryhmän kävelyvauhti parani, mutta selvästi vähemmän kuin interventioryhmällä.

Everaert ym. (2013) puolestaan vertasivat satunnaistetussa kontrolloidussa tutkimuksessaan FES-teknologian ja AFOjen vaikutusta subakuutissa vaiheessa olevien aivoverenkiertohäiriökuntoutujien kävelyvauhtiin. Osallistujat jaettiin kolmeen ryhmään, joista 1. ryhmä käytti ensin kävelyharjoittelussa 6 viikon ajan FES-laitetta, minkä jälkeen AFOa 6 viikon ajan. 2. ryhmä käytti ensin AFOa, minkä jälkeen FES-laitetta. 3. ryhmä käytti koko 12 viikon jakson ajan AFOa. Laitteita käytettiin tutkimusjakson ajan päivittäin kotona ja arjessa kävellessä. 10 metrin kävelytestin tulos parani merkittävästi kaikilla ryhmillä kummankin vaiheen lopussa. FES-laitteen käyttäjien tulos parani ilman laitetta (terapeuttinen vaikutus) tehdyssä testissä enemmän kuin AFO-käyttäjien tulokset. Laite päällä tehdyssä testissä (ortoottinen vaikutus) AFO-ryhmän kävelyvauhti oli parantunut enemmän. Taulukossa 6 esitettynä kävelyvauhtia mitanneet tutkimukset.

Taulukko 6. Kävelyvauhtia mitanneet tutkimukset

Nimi	Artikkelin tyyppi	Kuntoutumisen vaihe	FES:lla suurin vaikutus kävelyvauhtiin
Wang ym. 2022 The difference between the effectiveness of body-weight-supported treadmill training combined with functional electrical stimulation and sole body-weight-supported treadmill training for improving gait parameters in stroke patients: A systematic review and meta-analysis	Meta-analyysi	Ei määritelty	Kyllä
Sannyasi ym. 2022 Gait Characteristics Following Stroke: A Prospective Crossover Study to Compare Ankle-Foot Orthosis with Functional Electrical Stimulation	Kartoittava ristikkäistutkimus	Subakuutti vaihe	Kyllä
da Cunha ym. 2021 Functional electrical stimulation of the peroneal nerve improves post-stroke gait speed when combined with physiotherapy. A systematic review and meta-analysis	Kirjallisuuskatsaus	Subakuutti ja myöhäisvaihe	Ei
Nascimento ym. 2020	Meta-analyysi	Myöhäisvaihe	Kyllä

Ankle-foot orthoses and continuous functional electrical stimulation improve walking speed after stroke: a systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials			
van Bloemendaal, M. ym. 2021 Feasibility and Preliminary Efficacy of Gait Training Assisted by Multichannel Functional Electrical Stimulation in Early Stroke Rehabilitation: A Pilot Randomized Controlled Trial	RCT	Subakuutti vaihe	Kyllä
Morone ym. 2012 Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: a randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase	RCT	Subakuutti vaihe	Kyllä
Everaert ym. 2013 Effect of a Foot-Drop Stimulator and Ankle-Foot Orthosis on Walking Performance After Stroke: A Multicenter Randomized Controlled Trial.	RCT	Myöhäisvaihe	Kyllä

7.3 Tulosten tarkastelua

Kaikissa viidessä kävelymatkaa mitanneessa tutkimuksessa 6 minuutin kävelytestin tulokset paranivat harjoittelumuodosta riippumatta ja lisäksi FES-teknologialla näyttäisi olevan positiivista vaikutusta kävelymatkaan. FES-teknologian yhdistämisellä kävelyharjoitteluun saatiin kaikissa tutkimuksissa yhtä lukuun ottamatta parempia tuloksia, kuin ilman FES-teknologiaa. Kuntoutumisen vaiheella ei ollut merkitystä FES-teknologian vaikuttavuuteen.

10 metrin kävelytestillä kävelyvauhtia mitanneiden tutkimusten tuloksissa ja interventioissa oli enemmän vaihtelua. Kaikissa tutkimuksissa FES-teknologian käytöllä oli positiivisia vaikutuksia kävelyvauhtiin, mutta FES-teknologia ei yksiselitteisesti ollut kaikissa tutkimuksissa vaikuttavampi

kuin verrokki-interventiot. Everaert ym. 2013 tutkimuksen tuloksissa FES-laitteen käyttäjillä terapeuttilinen vaikutus oli parempi kuin verrokkiryhmällä, mutta verrokkiryhmällä eli AFOn käyttäjillä ortoottinen vaikutus oli parempi. FES-tekniologialla oli positiivisia vaikutuksia kävelyvauhtiin, kun käyttö oli yhdistetty valvottuun ja ohjattuun harjoitteluun, mutta itsenäiseen ja strukturoimattomaan harjoitteluun yhdistettynä vaikutus jäi vähäisemmäksi.

8 POHDINTA

8.1 Tutkimusartikkelien ja tulosten pohdintaa

Mukaanotettuja tutkimuksia tarkastellessamme esiin nousi kysymyksiä ja pohdintaa koskien mm. tutkimusten laatua tai asetelmaa. Systemaattisissa kirjallisuuskatsauksissa intervention kesto ja sisältö jäi monin paikoin epäselväksi, eikä FES-tekniikan käyttöä ollut välttämättä avattu juurikaan. Yhdessä (Wang ym. 2022) kirjallisuuskatsauksessa yksittäisten tutkimusten 10 metrin kävelytestin tuloksia tai niissä tapahtuneita muutoksia ei ollut avattu, vaan tuloksista oli tehty meta-analyysi ja niitä oli tarkasteltu tilastollisen merkittävyyden näkökulmasta. Interventioiden kestossa oli suurta vaihtelua tutkimusten välillä, vaihdellen kahdesta viikosta kolmeen kymmeneen viikkoon. Tutkimuksissa interventioiden kesto ei vaikuttanut perustuvan mihinkään yleisenä pidettyyn tietoon tai suositukseen, mikä voisi viitata siihen, että FES-tekniikan käytöstä ei ole vielä tarpeeksi tutkimustietoa viitearvojen määrittämiseen aivoverenkiertohäiriöiden kuntoutuksessa. Kuntoutumisen vaihe oli rajattu osassa tutkimuksista tarkasti, mutta vaihtelua esiintyi paljon meta-analyysihin ja kirjallisuuskatsauksiin sisään otetuissa tutkimuksissa, jolloin tarkkaa johtopäätöstä FES-tekniikan vaikutuksesta kussakin kuntoutumisen vaiheessa on hankala muodostaa.

Yhdessä tutkimuksessa (Da Cunha ym. 2021) FES-tekniikan vaikutukset jäivät vähäisemmäksi, kun sen käyttöä ei yhdistetty tiettyyn harjoittelumuotoon, vaan sitä käytettiin yleisesti arjen toiminnoissa. Tämä yhdistettynä muiden tutkimusten tuloksiin, joissa interventiossa oli käytetty tiettyjä harjoitteita tai tiettyä harjoittelun määrää, luo vaikutelman siitä, että FES-tekniikan käyttö kaipaa rinnalleen toista interventiota, jotta positiivisia vaikutuksia kävelyyn saadaan.

Everaert ym. (2013) tutkivat FES-laitteen ortoottista sekä terapeuttista vaikutusta. Pohdinnassaan he nostivat esille aiemman tutkimuksen, jonka mukaan FES-laitteen terapeuttinen vaikutus syntyy aivoverenkiertohäiriön jälkeen jäljelle jääneiden kortikospinaalisten yhteyksien vahvistumisesta. Lyhyesti sanottuna kirjoittajat ehdottivat, että pitkäkestoinen ja säännöllinen aisti- ja motoristen reittien sähköstimulaatio voi vahvistaa jäännösreittejä, mikä johtaa lisääntyneeseen voimaan ja tahdonalaiseen hallintaan. AFO, joka on ulkoinen passiivinen tuki, ei stimuloi tai vahvista kortikospinaalisia yhteyksiä, joten sillä voidaan nähdä olevan vain ortoottista vaikutusta.

8.2 Laadun ja eettisyyden pohdintaa

Koska kyseessä on ammattikorkeakoulutasoinen lopputyö aineiston laadun arviointia ei tehty minkään arviointimenetelmän kuten Joanna Briggsin –instituutin tarkistuslistojen mukaan (ks. Hotus, Tutkimusten arviointikriteeristöt (JBI)). Kuitenkin jo tiedonhakuvaiheessa olemme pyrkineet varmistamaan sisään otettujen tutkimusten laadun. Tietokannat on valittu siten, että niissä on mahdollisimman laadukasta tieteellistä aineistoa. Rajasimme hakutulokset koskemaan pelkästään vertaisarvioituja tutkimuksia, mikäli tietokannan hakukone sen mahdollisti. Laatua lisää myös se, että tekijöitä on kolme minkä myötä kaikki sisään otetut tutkimukset on käyty läpi ainakin kahden henkilön toimesta useassa vaiheessa.

Olemme pyrkineet noudattamaan hyvää tieteellistä käytäntöä koko opinnäytetyön prosessin ajan. Hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteita ovat luotettavuus, rehellisyys, arvostus ja vastuunkanto (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023, 11.) Olemme hyvällä suunnittelulla, vaiheiden tarkalla raportoinnilla ja dokumentoinnilla, sekä tulosten avoimella viestinnällä pyrkineet varmistamaan toimintamme luotettavuuden. Koska olemme käsitelleet jo valmista ja olemassaolevaa tieteellistä materiaalia, emme ole tarvinneet erillisiä lupia tai suostumuksia aineiston keruuseen. Olemme osoittaneet arvostusta toisten tekemää työtä kohtaan viittamalla asianmukaisesti OAMK:n ohjeen mukaisesti kaikkiin käyttämiimme lähteisiin, emmekä esitä toisten tutkimusten tuloksia ominamme.

Osana sisäänotettavien tutkimusten laadun varmistamista, päädyimme myös muokkaamaan sisäänottokriteerejä abstraktivaiheessa. Huomasimme, että noudattamalla tarkkoja sisäänottokriteereitä, olisimme sulkeneet tutkimuksemme kannalta relevantteja tutkimuksia pois, sillä monessakaan tutkimuksessa abstraktissa ei mainittu kävelyn mittaamiseen käytettyjä testejä.

8.3 Opinnäytetyöprosessin pohdintaa

Jo suunnitelmavaiheessa alkuvuonna 2023 pyrimme tekemään mahdollisimman yksityiskohtaisen pohjan ja toimintamallin kirjallisuuskatsauksen luomiselle. Tiedonhauun suunnitteluun saimme apua Oulun ammattikorkeakoulun informaattikolta. Tarkan suunnitelman tekeminen ja sen

noudattaminen lisää tiedonhaun luotettavuutta. Koko tiedonhakuprosessin ajan teimme muistiinpanoja ja dokumentoimme jokaisen vaiheen tarkasti. Reaaliaikaisen dokumentoinnin mahdollisti osaltaan se, että prosessissa oli mukana kolme tekijää. Tiedonhaun luotettavuutta ja laatua voidaan katsoa alentavan tekijöiden kokemattomuus, sillä kyseinen tiedonhakuprosessi oli tekijöiden ensimmäinen systemaattisesti tehty tiedonhaku. Toteutimme tiedonhakuvaiheen itsenäisesti ilman ohjausta, mutta etenimme ennalta hyväksytyyn suunnitelman mukaisesti, joten emme koe tiedonhakuvaiheen olevan opinnäytetyömme laatua heikentävä osa-alue.

Suunnitelmavaiheen jälkeen jatkoimme prosessia aloittamalla tiedonhaun prosessin kanssa rinnakkain opinnäytetyön tietoperusta -osion kirjoittamisen. Tietoperustaa jokainen tekijä kirjoitti itsenäisesti kevään 2023 ja syksyn 2023 aikana, sillä sen tekeminen ei vaatinut kaikkien tekijöiden samanaikaista läsnäoloa. Osaltaan kirjallisuuskatsaukseen valittujen tutkimusten läpikäynti, sisältö ja tulokset vaikuttivat tietoperustan sisältöön ja muotoutumiseen. Halusimme tietoperustan olevan kattava keskeisten käsitteiden ja menetelmien osalta, joita nousi esille tutkimusten läpikäymisen myötä. Näin tietoperusta muokkaantui koko prosessin ajan yhteisten pohdintojen ja itsenäisen tekemisen kautta.

Opinnäytetyöprosessi on opettanut paljon aina hakuprosessin vaiheista tieteellisten artikkelien lukemiseen ja tulkitsemiseen. Vaikka fysioterapiaan liittyvä tutkimus on kohtalaisen uutta ja rajallista, osoittautui niin aiheen, kuin hakutulostenkin rajaaminen tärkeäksi ottaen huomioon opinnäytetyön laajuus ja siihen käytettävissä olevat resurssit. Saimme toimeksiantajalta vapauden rajata aihetta ja muotoilla tutkimuskysymykset sopivaksi kokemallamme tavalla.

Halusimme toteuttaa opinnäytetyömme kirjallisuuskatsauksena, jotta opinnäytetyön toteutus ei vaatisi samanaikaista läsnäoloa tietyssä paikassa tietyyn aikaan. Pohdimme sopivaa aihetta, ja lopullinen aihe valikoitui, kun Fysioline kävi esittelemässä luokallemme laitteitaan, ja kysimme, olisiko heillä tarvetta kirjallisuuskatsaukselle. Esille nousi Fesia-walk -laite, johon liittyen he kaipasivat tutkittua tietoa FES-tekniologiasta. Jokaisella tekijällä oli harjoittelujaksojen myötä muodostunut jonkinlainen kiinnostus ja osaaminen liittyen neurologiseen kuntoutukseen ja kävelyn kuntoutukseen, joten päätimme tarttua aiheeseen.

Opinnäytetyöprosessi on sujunut pitkästä kestostaan huolimatta yllättäen sujuvasti, ilman suurempia vastoinkäymisiä tai vaikeuksia. Olemme pyytäneet ohjausta ohjaavilta opettajilta oma-aloitteisesti aina kun olemme kokeneet siihen tarvetta. Ohjaustarve on liittynyt usein opinnäytetyön

vaiheissa etenemiseen. Ohjauksella olemme lähinnä halunneet varmistaa, että opinnäytetyö etenee oikeaan suuntaan. Sisällölliset ongelmat ja aiheet olemme pääosin ratkaisseet itse. Koemme tekijöinä, että tavoitteemme opinnäytetyön suhteen täytyivät ja osaamisemme kasvoi prosessin myötä. Kirjallisuuskastauksen toteuttaminen on osoittautunut merkittäväksi tekijäksi ammatillisen kasvumme kannalta.

Opinnäytetyöprosessi herätti pohdintaa FES-tekniikan roolista aivoverenkiertohäiriökuntoutuksessa. Voisiko FES-tekniikka ja -laitteet olla tulevaisuudessa laajemmin osana kuntoutusta jo akuuttivaiheessa ja osastokuntoutuksessa? Jatkotutkimusaiheeksi nousi FES-tekniikan vaikuttavuuden tutkiminen kussakin kuntoutumisen vaiheessa, sekä sen käyttöön liittyvien aikamääreiden ja interventioiden tutkiminen, kuten mikä määrä FES-tekniikan käyttöä on vaikuttavaa, tai minkä tyyppiseen interventioon yhdistettynä FES-tekniikka on kaikista vaikuttavinta.

LÄHTEET

Aivoinfarkti ja TIA. Käypä hoito –suositus 2020. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Neurologinen yhdistys ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Hakupäivä 02.02.2023. www.kaypahoito.fi

Aivoliitto 2023a. Aivoverenkiertohäiriö. Faktaa AVH:sta. Hakupäivä 1.11.2023. <https://www.aivoliitto.fi/aivoverenkiertohairio/faktat/#bba0e85b>

Aivoliitto 2023b. Aivoverenkiertohäiriö. Muut toimintakyvyn neuropsykologiset häiriöt. Hakupäivä 15.2.2023. <https://www.aivoliitto.fi/aivoverenkiertohairio/sairastumisen-jalkeen/muutokset/muut-hairiot/#d9088d2f>

Awad, Louis, Reisman, Darcy, Pohlig, Ryan, & Binder-Macleod, Stuart 2016. Reducing The Cost of Transport and Increasing Walking Distance After Stroke: A Randomized Controlled Trial on Fast Locomotor Training Combined With Functional Electrical Stimulation. Neurorehabilitation and neural repair. 30(7), 661–670. Hakupäivä 8.3.2023. <https://doi.org/10.1177/1545968315619696>

Beyaert, Christian, Vasa, Rajul & Frykberg, Gunilla 2015. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology 45(4–5), 335–355. Hakupäivä 21.2.2023. Elsevier ScienceDirect –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Busk, Henriette, Stausholm, Martin Björn, Lykke, Louise, Wienecke, Troels 2020. Electrical Stimulation in Lower Limb During Exercise to Improve Gait Speed and Functional Motor Ability 6 Months Poststroke. A Review with Meta-Analysis. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases 29 (3), Hakupäivä 8.3.2023. Elsevier ScienceDirect -tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Cho, Ji-Eun, Yoo, Jun Sang, Kim, Kyoung Eun, Cho, Sung Tae, Jang, Woo Seok, Cho, Ki Hun & Lee, Wan-Hee 2018. Systematic Review of Appropriate Robotic Intervention for Gait Function in Subacute Stroke Patients. BioMed Research International. 2018(-). Hakupäivä 1.11.2023. PubMed –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Cho, Min-Kwon, Kim, Jung-Hyun, Chung, Yijung & Hwang, Sujin 2015. Treadmill gait training combined with functional electrical stimulation on hip abductor and ankle dorsiflexor muscles for chronic hemiparesis. *Gait & posture*, 42(1), 73-78. Hakupäivä 8.3.2023 Elsevier ScienceDirect – tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Cooper, Allison, Alghamdi, Ghalib Abdullah, Alghamdi, Mohammed Abdulrahman, Altowaijri, Abdulrahman, Richardson, Susan 2012. The relationship of lower limb muscle strength and knee joint hyperextension during the stance phase of gait in hemiparetic stroke patients. *Physiotherapy research international* 17(3), 151. Hakupäivä 26.10.2023. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pri.528>

da Cunha, Maira Jaqueline, Rech, Katia, Salazar, Ana & Pagnussat, Aline 2021. Functional electrical stimulation of the peroneal nerve improves post-stroke gait speed when combined with physiotherapy. A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 64(1). Hakupäivä 22.2.2023. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.03.012>

D'souza, Jennifer, Natarajan, Manikandan & Kumaran, Senthil 2020. Does the Environment Cause Changes in Hemiparetic Lower Limb Muscle Activity and Gait Velocity During Walking in Stroke Survivors? *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. Hakupäivä 21.2.2023. Elsevier ScienceDirect –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Eng, Janice & Tang, Pei 2007. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: A synthesis of the evidence. *Neurother.* 7(10), 1417–1436. Hakupäivä 2.11.2023. PubMed –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Esquenazi, Alberto & Talaty, Mukul 2015. Gait Analysis: Technology and Clinical Applications. *Physical Medicine and Rehabilitation*. Physical Medicine and Rehabilitation. Hakupäivä 15.11.2023. <https://clinicalgate.com/gait-analysis-technology-and-clinical-applications/>

Everaert, Dirk, Stein, Richard, Abrams, Gary, Dromerick, Alexander, Francisco, Gerard, Hafner, Brian, Huskey, Thy, Munin, Michael, Nolan, Karen & Kuffa, Conrad 2013. Effect of a foot-drop stimulator and ankle-foot orthosis on walking performance after stroke: a multicenter randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and neural repair* 27(7), 579–591. Hakupäivä 26.9.2023. <https://doi.org/10.1177/1545968313481278>

Geerars, Marieke, Minnaar-van der Feen, Nympha & Huisstede, Bionka MA 2022. Treatment of knee hyperextension in post-stroke gait. A systematic review. *Gait & Posture* 91,137–148. Hakupäivä 26.9.2023. Elsevier ScienceDirect –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Hebert, Debbie, Lindsay, M Patrice, McIntyre, Amanda, Kirton, Adam, Rumney, Peter G, Bagg, Stephen, Bayley, Mark, Dowlathashi, Dar, Dukelow, Sean, Garnhum, Maridee, Glasser, Ev, Halabi, Mary-Lou, Kang, Ester, MacKay-Lyons Marilyn, Martino, Rosemary, Rochette, Annie, Rowe, Sarah, Salbach, Nancy, Semenko, Brenda, Stack, Bridget, Swinton, Luchie, Weber, Valentine, Mayer, Matthew, Verrilli, Sue, DeVeber, Gabrielle, Andersen, John, Barlow, Karen, Cassidy, Caitlin, Dilenge, Marie-Emmanuelle, Fehlings, Darcy, Hung, Ryan, Iruthayarajah, Jerome, Lenz, Laura, Majnemer, Annette, Purtzki, Jacqueline, Rafay, Mubeen, Sonnenberg, Lyn K, Townley, Ashleigh, Janzen, Shannon, Foley, Norine & Teasell, Robert 2016. Canadian stroke best practice recommendations: Stroke rehabilitation practice guidelines, update 2015. *International Journal of Stroke* 2016 11(4). Hakupäivä 6.11.2023. <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/1747493016643553?src=getftr>

Hiekkala, Sinikka, Kyllönen, Paula, Pitkänen, Kauko, Poutiainen, Erja, Marin, Leena & Mattson Auli 2019, Aivoverenkiertohäiriöön (AVH) sairastuneen henkilön toimintakyvyn arviointi, TOIMIA-Suosituksset. *Terveysportti. Duodecim.* Hakupäivä 20.9.2023. <https://www.terveysportti.fi/apps/dtk/tmi/article/tms00050?toc=802599> Vaatii käyttöoikeuden.

Hiekkala, Sinikka, Pitkänen, Kauko & Huhtakangas, Juha 2020. Aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden kehittyvät kuntoutusmuodot. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim.* 136(4), 455–461. Hakupäivä 13.11.2023. <https://www.duodecimlehti.fi/duo15412>

Hoitotyön tutkimussäätiö 2018. Tutkimusten arviointikriteeristöt (JBI). Hakupäivä 23.11.2023. <https://www.hotus.fi/jbin-kriittisen-arvioinnin-tarkistuslistat/>

Hornby, George, Straube, Donald, Kinnaird, Catherine, Holleran, Carey, Echaz, Anthony, Rodriguez, Kelly, Wagner, Eric & Narducci, Elizabeth 2011. Importance of Specificity, Amount, and Intensity of Locomotor Training to Improve Ambulatory Function in Patients Poststroke. *Topics in stroke rehabilitation* 18(4), 293–307. Hakupäivä 2.11.2023.

https://www.researchgate.net/publication/51634599_Importance_of_Specificity_Amount_and_Intensity_of_Locomotor_Training_to_Improve_Ambulatory_Function_in_Patients_Poststroke

Ilves, Outi, Korpi, Hilikka, Honkanen, Sari & Aartolahti, Eeva 2022. Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinnällisessä kuntoutuksessa. Järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset. Helsinki: Kela, Sosiaali ja terveysturvan tutkimuksia 159. Hakupäivä 2.11.2023. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/472cbedb-1693-4052-a830-4cf6d871ebd2/content>

Johansson, Kirsi 2007. Kirjallisuuskatsaukset – huomio systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Teoksessa Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. (toim. Kirsi Johansson, Anna Axelin, Minna Stolt & Riitta-Liisa Ääri). Turku: Digipaino-Turun Yliopisto

Kang, Gu Eon, Frederick, Rebecca, Nunley, Brandon, Lavery Lawrence, Dhaher Yasin, Najafi, Bijan, & Cogan, Stuart 2021. The Effect of Implanted Functional Electrical Stimulation on Gait Performance in Stroke Survivors: A Systematic Review. *Sensors* 21 (24), 2. Hakupäivä 26.10.2023. PubMed –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Kauranen, Kari, Müller, Eduard, Saastamoinen, Nea & Sinivuori, Eila 2021. *Fysioterapeutin käsikirja*. 4. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kesar, Trisha, Perumal, Remu, Jancosko, Angela, Reisman, Darcy, Rudolph, Katherine, Higginson, Jill, & Binder-Macleod, Stuart 2010. Novel patterns of functional electrical stimulation have an immediate effect on dorsiflexor muscle function during gait for people poststroke. *Physical therapy* 90(1), 55–66. Hakupäivä 23.2.2023. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090140>

Korpi, Juho 2022. Tietoa Fysioterapiasta. Suomen fysioterapeutit. Hakupäivä 1.10.2023. <https://www.suomenfysioterapeutit.fi/fysioterapia/fysioterapia-ammattina/>

Li, Sheng, Francisco, Gerard & Zhou, Ping 2018. Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights. *Frontiers in physiology* 9(-),1,3. Hakupäivä 26.10.2023. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01021>

McCrimmon, Colin, King, Christine, Wang, Po, Cramer, Steven, Nenadic, Zoran & Do, An. 2015. Brain-controlled functional electrical stimulation therapy for gait rehabilitation after stroke: a safety study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 12(-), Hakupäivä 8.3.2023. <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0050-4>

Morone, Giovanni, Fusco, Augusto, Di Capua, P., Coiro, P., & Pratesi, L. 2012. Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: a randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase. *Stroke research and treatment*. Hakupäivä 8.3.2023 <https://doi.org/10.1155/2012/523564>

Nascimento, Lucas, da Silva, Layla, Barcellos, João & Teixeira-Salmela, Luci 2020. Ankle-foot orthoses and continuous functional electrical stimulation improve walking speed after stroke: a systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials. *Physiotherapy* 109(-) 43-53, Hakupäivä 3.10.2023. Elsevier ScienceDirect. Vaatii käyttöoikeuden.

Natali, Adriana L, Reddy, Vamsi, Bordoni, Bruno 2023. Neuroanatomy, corticospinal cord tract. National library of medicine. Hakupäivä 26.10.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542201/>

Niela-Vilén, Hannakaisa & Hamari, Lotta 2016. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet. Teoksessa Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. (toim. Riitta Suhonen, Anna Axelin & Minna Stolt) Turku: Juvenes Print

Paltamaa, Jaana 2022. 10 metrin kävelytesti muistitoimintokellolla. TOIMIA- mittarit. Terveysportti. Duodecim. Hakupäivä 23.2.2023. <https://www.terveysportti.fi/apps/dtk/tmi/article/tmm00156?toc=307500>

Peurala, Sinikka & Paltamaa, Jaana 2022. 6-minuutin kävelytesti. TOIMIA-mittarit. Terveysportti. Duodecim. Hakupäivä 21.2.2023. <https://www.terveysportti.fi/apps/dtk/tmi/article/tmm00148/search/k%C3%A4velymatka>

Peurala, Sinikka, Karttunen, Auli, Sjögren, Tuulikki, Paltamaa, Jaana & Heinonen, Ari 2014. Evidence for the effectiveness of walking training on walking and self-care after stroke: a systematic

review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Rehabilitation Medicine 46(5), 387–399. <https://medicaljournalssweden.se/jrm/article/view/15695>

Pournajaf, Sanaz, Calabrò, Rocco, Naro, Antonino, Goffredo, Michaela, Aprile, Irene, Tamburella, Federica, Filoni, Serena, Waldner, Andreas, Mazzoleni, Stefano, Focacci, Antonella, Ferraro, Francesco, Bonaiuti, Donatella & Franceschini, Marco 2023. Robotic versus conventional Overground gait training in subacute stroke survivors: a multicenter controlled clinical trial. Journal of Clinical Medicine 12(2), 439. Hakupäivä 3.11.2023. <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/2/439>

Prisma 2023. Prisma Flow Diagram. Hakupäivä 16.9.2023. <http://prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram>

Pudas-Tähkä, Sanna-Mari & Axelin, Anna 2007. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen aiheen rajaus, hakutermit ja abstraktien arviointi. Teoksessa Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. (toim. Kirsi Johansson, Anna Axelin, Minna Stolt & Riitta-Liisa Ääri). Turku: Digipaino-Turun Yliopisto

Pyöriä, Outi, Reunanen, Merja, Nyrkkö, Hannu, Kautiainen, Hannu, Pieninkeroinen, Ilkka, Tapiola, Tero & Lohikoski, Pekka 2015. Aktiivisuutta ja osallistumista tukeva fysioterapia aivoverenkiertohäiriöön sairastuneiden alkuvaiheen kuntoutuksessa. Satunnaistettu seuranta tutkimus. 14–15. Hakupäivä 26.10.2023. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/21da379a-d9ce-49f2-a68e-fd0599d9a8b9/content>

Saikaley, Marcus, Pauli, Griffin, Iruthayarajah, Jerome, Iliescu, Alice, Foley, Norine, Mirkowski, Magdalena, Saikaley, Marcus, Weiner, Joshua, Chow, Jeffrey, Cotoi, Andreea, Peireira, Shelialah, Fragis, Niko, Alam, Roha, Badour, Alex, Dukelow, Sean, Miller, Tom & Teasell, Robert 2022. Lower extremity motor rehabilitation interventions. Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation. Canadian partnership for stroke recovery 19, 36, 196. Hakupäivä 13.11.2023. <http://www.ebrsr.com/evidence-review/9-lower-extremity-interventions>

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasan yliopiston julkaisuja, Opetusjulkaisuja 62, Julkisjohtaminen 4. Hakupäivä 26.9.2023 https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

Sandström, Marita & Ahonen, Jarmo 2011. Liikkuva ihminen: Aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. Lahti: VK-Kustannus

Sannyasi, Gourav, Ojha, Rajdeep, Prakash, Navin B, Isaac, Joyce, Maheswari, V, Mahasam path GS & Tharion, George 2022. Gait Characteristics Following Stroke: A Prospective Crossover Study to Compare Ankle-Foot Orthosis with Functional Electrical Stimulation. *Neurology India*, 70 (5), 1830-1835. Hakupäivä 8.3.2023 <https://neurologyindia.com/article.asp?issn=0028-3886;year=2022;volume=70;issue=5;spage=1830;epage=1835;aulast=Sannyasi>

Schröder, Jonas, Truijen, Steven, Van Crieginge, Tamaya, Saeys, Wim 2019. Feasibility and effectiveness of repetitive gait training early after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 78–88. PubMed –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Sethi, Dimple, Bharti, Sourabh & Prakash, Chandra 2022. A comprehensive survey on gait analysis: History, parameters, approaches, pose estimation, and future work. *Artificial Intelligence in Medicine*. (129) Hakupäivä 23.11.2023. Elsevier ScienceDirect –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Shariffar, Sharareh, Shuster, Jonathan & Bishop, Mark 2018. Adding electrical stimulation during standard rehabilitation after stroke to improve motor function. A systematic review and meta-analysis. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 61(5), 339–344. Hakupäivä 23.2.2023 <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.06.005>

Sjögren, Tuulikki, Rintala, Aki, Paltamaa, Jaana & Korpi, Hilikka 2022. Fysioterapian vaikuttavuus ja merkityksellisyys aivoverenkiertohäiriötä ja multippeliskleroosia sairastaville kuntoutujille. Järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset kävelyn ja tasapainon meta-analyyseista ja fysioterapian koetun merkityksellisyyden metasynteeseistä. Hakupäivä 23.2.2023 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022110163955>

Sosiaali- ja terveysministeriö 2022. Valtakunnalliset lääkinälliseen kuntoutukseen ohjaamisen perusteet 2022. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2022:17. Helsinki. Hakupäivä 10.11.2023. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164488/STM_2022_17_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sosiaali- ja terveysministeriö 2023. Valtakunnalliset lääkinällisen kuntoutuksen apuvälineiden luovutusperusteet 2023. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2023:13. Helsinki. Hakupäivä 1.10.2023.

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164725/STM_2023_13_J.pdf?sequence=4 [apuvälineiden luovutusperusteet](#)

Suhonen, Riitta, Axelin, Anna & Stolt, Minna 2016. Erilaiset kirjallisuuskatsaukset. Teoksessa Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. (toim. Riitta Suhonen, Anna Axelin & Minna Stolt) Turku: Juvenes Print

Suomen fysioterapeutit 2019. Fysioterapia. ICF – Toimintakyvyn, toimintarajoitteiden ja terveyden kansainvälinen luokitus. Hakupäivä 1.10.2023.

<https://www.suomenfysioterapeutit.fi/fysioterapia/dokumentointi/rakenteinen-kirjaaminen/toimintakyv tiedon-kirjaaminen-fysioterapiassa/icf-toimintakyvyn-toimintarajoitteiden-ja-terveyden-kansainvalinen-luokitus/>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2013. ICF:Toimintakyvyn, toimintarajoitteiden ja terveyden kansainvälinen luokitus. 6. painos. Tampere. Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy. Hakupäivä 26.10.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201303252595>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2022. ICF-luokitus. Hakupäivä 22.2.2023. <https://thl.fi/fi/web/toimintakyky/icf-luokitus>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2023. ICF-ydinlistat ja tarkituslista. Hakupäivä 17.11.2023. <https://thl.fi/fi/web/toimintakyky/icf-luokitus/icf-ydinlistat-ja-tarkituslista#neuro>

Todhunter-Brown, Alex, Baer Gillian, Campbell, Pauline, Choo, Pei Ling, Forster, Anne, Morris, Jacqui, Pomeroy, Valerie & Langhorne, Peter 2014. Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke. The Cochrane database of systematic reviews. (4). Hakupäivä 10.11.2023. PubMed –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa, 11. Hakupäivä 23.11. 2023. https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf

van Bloemendaal, Majke, Bus, Sicco, Nollet, Frans, Geurts, Alexander & Beelen, Anita 2021. Feasibility and Preliminary Efficacy of Gait Training Assisted by Multichannel Functional Electrical Stimulation in Early Stroke Rehabilitation: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Neurorehabilitation and neural repair*. 35(2), 131–144. Hakupäivä 8.3.2023. PubMed –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Wang, Jiaqi, Zhao, Liangyu, Gao, Yan, Liu, Chenchen, Liu, Dong, Xiaosheng & He, Xiqian 2022. The difference between the effectiveness of body-weight-supported treadmill training combined with functional electrical stimulation and sole body-weight-supported treadmill training for improving gait parameters in stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Neurology* 13(-). Hakupäivä 8.3.2023 <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1003723>

Wist, Sophie, Clivaz, Julie & Sattelmayer, Martin 2016. Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 59(2), 114–124. Hakupäivä 21.2.2023 Elsevier ScienceDirect –tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.